Aus der Chirurgischen Klinik der Universität München
Direktor: Professor Dr. R. Zenker

Komplikationen nach KÜNTSCHER-Marknagelung und Schenkelhalsnagelung

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
verfaßt und einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Josef Glietsch

aus Gosbach

R.UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

München 1962

Karl Mayer, Buchdruckerei, Günzburg

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen
Fakultät der Universität München

Referent: Dr. A. Meyer

Korreferent: Prof. Dr. Schink

Dekan: Prof. Dr. Seitz

Tag der mündlichen Prüfung: 10. 7. 1962

INHALTSANGABE

I. EINLEITUNG 1

II. ALLGEMEINER TEIL 2

1. Das Prinzip der Marknagelung 2
2. Die Stabilität der Osteosynthese durch den Nagel 2
3. Pathologisch-anatomischer Umbau im Knochen 4
4. Die Vorteile der Marknagelung 5
5. Die Gefahren der Marknagelung 6
   a) Die Gefahr der Fettembolie 6
   b) Reizwirkung des Nagels als Fremdkörper 9
   c) Einfluß auf die Callusbildung 12
   d) Zwischenfälle bei der Nagelung 17
6. Septische Komplikationen 19
   a) Infektionsgefahr bei der geschlossenen Nagelung 19
   b) Infektionsgefahr bei der offenen Nagelung 20
   c) Verlauf der Infektionen 21
   d) Pathologisch-anatomischer Umbau im Knochen 23
   e) Die Erreger der Knocheninfektion nach Nagelung 24

III. SPEZIELLER TEIL 28

1. Überblick über Bruch- und Nagelungsarten 28
2. Überblick über die bei Nagelung aufgetretenen Infektionen .. 29
3. Infektionen nach geschlossener Nagelung frischer geschlossener Schaftbrüche 30
4. Infektionen nach offener Nagelung frischer geschlossener und komplizierter Brüche 31
5. Verlauf der Infektionen 33
   a) Der Verlauf leichter Wundheilstörungen 33
   b) Verlauf der Ostitis 33
   c) Verlauf der Osteomyelitis 35
6. Marknagelung bei bestehender Osteomyelitis 38
7. Behandlungsergebnisse nach Marknagelung von Oberarmbrüchen 41

8. Behandlungsergebnisse nach Marknagelung von Vorderarmbrüchen 43
9. Behandlungsergebnisse nach Marknagelung von Oberschenkelbrüchen 47
10. Behandlungsergebnisse nach Marknagelung von Unterschenkelbrüchen 52
11. Behandlungsergebnisse nach Nagelung von Schenkelhalsbrüchen 57

IV. ZUSAMMENFASSUNG 67

V. LITERATURVERZEICHNIS 68

VI. LEBENSLAUF 71

I. EINLEITUNG

Gerhard Küntscher war nicht der erste, der den Versuch unternahm, gebrochene Knochen durch in sie versenkte Fremdkörper anatomisch gerecht einzustellen und bis zur knöchernen Konsolidierung zu fixieren. Schon 1925 gelang es SMITH PETERSEN mit einem 3-lamelligen Nagel Schenkelhalsbrüche zu heilen. Sein Verfahren wurde später durch SVEN JOHANNSON verbessert und ausgebaut.

Ausgehend von den guten Erfolgen dieser Methode und in Anlehnung an das Prinzip im allgemeinen, versuchte Küntscher die Nagelung langer Röhrenknochen mit V-förmigen Stahlstäben. Sein Ziel war, ein Verfahren zu finden, das sowohl die Gefahren der bisher bekannten operativen Behandlung (Lanesche Platte, Drahtnaht) ausschließt, als auch dem Nachteil der konservativen Therapie (Gelenkversteifung, lange Liegedauer) begegnet. Hierzu erstrebte er nach dem Vorbild der Schenkelhalsnagelung eine absolute stabile Synthese der Fragmente, die zusätzliche Fixationen durch Gipsverbände überflüssig macht, und außerdem unter Ausschaltung aller mechanischen Einflüsse den für die Callusbildung günstigen physikalischen Kräften genügend Angriffsraum zu belassen.

Das Ziel der Knochenbruchbehandlung von heute liegt nicht nur in der knöchernen Vereinigung der Bruchenden, sondern versucht, eine möglichst schnelle Wiederherstellung der anatomischen Grundform des Knochens bei bester physiologischer Funktion zu erreichen. Die Grundzüge, die zu diesem Ziele führen, liegen zum ersten in der absoluten Ruhigstellung der gebrochenen Extremität und zum zweiten in einer frühzeitigen Bewegungstherapie der an die Fraktur angrenzenden Gelenke. Weichteile und Gelenke brauchen vor allem den aktiven Bewegungsreiz zur Erhaltung ihrer Funktion. Die Knochenwunde benötigt Ruhe zu ihrer Heilung.

Mit der Einführung der Marknagelung durch KÜNTSCHER im Jahre 1940 konnten diese beiden gegensätzlichen Prinzipien der Knochenbruchbehandlung für die Fraktur der langen Röhrenknochen in befriedigender Form vereinigt werden.

II. ALLGEMEINER TEIL

1. Das Prinzip der Marknagelung

Von der idealen Knochenbruchbehandlung verlangt man beste Stellung der Fragmente, möglichst ohne Freilegung der Fraktur, gute stabile Fixierung der Bruchstücke bis zur knöchernen Heilung.

Bei der Marknagelung wird diese dadurch erreicht, daß ein Nagel in die Markhöhle eingetrieben wird. Dieser verbindet den gebrochenen Knochen so fest, daß sich die Bruchstücke nicht mehr verschieben und auch der Belastung standhalten können, daß also eine stabile Osteosynthese erreicht wird.

Beim geschlossenen Bruch wird möglichst die gedeckte Marknagelung ausgeführt. Dabei wird der Bruchspalt nicht freigelegt. Der Bruch wird auf dem Extensionstisch, u. U. mit bes. Repositionsgeräten zunächst eingerichtet. Vor allem muß jede Verkürzung vollkommen ausgeglichen, sogar überkorrigiert werden. Geringgradige Seitenverschiebungen können notfalls bestehen bleiben. An bestimmter Stelle wird dann, entfernt vom Bruch, die Markhöhle eröffnet und der Nagel (u. U. mittels Führungsinstrumentes) in diese eingeführt und bis zum Bruchspalt vorgetrieben. Die Bruchenden werden so aufeinandergestellt, daß die Nagelspitze genau in die Markhöhle des distalen Fragmentes zeigt. Röntgenkontrollen ermöglichen die genaue Einstellung. Ist diese erreicht, so wird der Nagel unter Einstauchen der Bruchstücke so weit ins distale Fragment eingetrieben, daß er dem Bruch vollkommene Festigkeit gibt, ihn gewissermaßen von inner her schient. Bei geeigneter Indikation ist die Fixierung der Bruchstücke so fest, daß jeder weitere ruhigstellende Verband überflüssig wird.

Die offene Marknagelung ist technisch einfacher, Reposition der Fraktur und Einführen des Nagels in die Markhöhle erfolgen unter Leitung des Auges in offener Wunde. Sie hat jedoch gegenüber der gedeckten Nagelung Gefahren und Nachteile. Sie soll deshalb nur Anwendung finden, wo die Eröffnung des Bruchspaltes unvermeidbar ist. Die Indikation zur offenen Marknagelung ist strenger zu stellen als bei der gedeckten.

2. Die Stabilität der Osteosynthese durch den Nagel

Die stabile Osteosynthese ist das Ziel der Marknagelung. Diese ist erreicht, wenn die genauestens eingerichteten Bruchstücke so fest vereint sind, daß das Glied ohne Schmerzen und ohne Gefahr einer Verschiebung des Bruches bewegt und belastet werden kann.

Nach HÄBLER (34) wird die Stabilität der Osteosynthese bestimmt,

1. von der Form des Nagels und dem Halt, den er beiderseits des Bruches in der Markhöhle findet,
2. von der Form und Richtung der Bruchenden und der Möglichkeit, die rauhen Frakturenden durch die Nagelung zu verkeilen,
3. und davon, daß der Knochen den von dem Nagel übertragenen Belastungen dort standhält, wo der Nagel an ihm Halt finden soll.

Die Wirkung des Nagels wird am besten sein, wenn ein gerader starrer Nagel axial in die Markhöhle eines festen kompakten Knochens eingeschlagen werden kann und diese in genügender Ausdehnung (5—6 cm) zu beiden Seiten des Bruches keine oder nur geringe Schwankungen ihres Lumens aufweist. Durch feste Verklemmung des Nagels wird eine wirklich stabile Osteosynthese erzielt.

Der gebogene Nagel wird seitlich in die Markhöhle eingeführt. Er muß etwas elastisch sein, um an der gegenüberliegenden Kortikalis entlanggleiten zu können. Der Doppelnagel wirkt versteifend im Sinne einer dynamischen Verspannung. Günstige Form und Lage des Bruches und die Möglichkeit, ihn fest zu verkeilen, sind besonders wichtig, da die Nägel noch etwas federn und evtl. stärkerer Beanspruchung, namentlich am Unterschenkel, nicht standhalten können. Konische Erweiterung der Markhöhle im proximalen Fragment ist für den Doppelnagel günstiger als ein zylindrisches Markrohr, denn dann kann sich der Nagel besser an der gegenüberliegenden Kortikalis festklemmen (Oberarm).

Erweitert sich die Markhöhle auch jenseits des Bruches, kann durch den Spreiznagel die feste Verankerung dadurch erreicht werden, daß die Nagelspitzen auseinanderweichen und sich an den beiden gegenüberliegenden Seiten festklemmen.

Die Bruchflächen frischer Brüche weisen immer Unebenheiten auf, die eine feste Verzahnung des Bruches erleichtern. Dadurch wird der Nagel entlastet. Querbrüche bewirken durch Belastung eine feste Verkeilung. Beim Schrägbruch dagegen besteht die Gefahr, daß die Belastung eine Verschiebung entlang der schiefen Ebene bewirkt. Je schräger die Bruchlinie, desto größer ist die Gefahr. Beim Spiralbruch droht außerdem noch Verdrehung. Bei veralteten Frakturen und Pseudarthrosen sind die Bruchflächen glatter. Nagelwirkung und Richtung der Bruchlinie sind bei diesen besonders wichtig.

Die Widerstandsfähigkeit des Knochens gegenüber dem Nagel ist am größten, wo eine dicke Kompakta den vom Nagel übertragenen Kräften gegenübersteht. Auf diesen Druck reagiert der Knochen mit Abbau seiner Substanz, so daß sich der Nagel allmählich lockert. Da nur seine Kanten an der Wand anliegen, bilden sich „Gleitrinnen", die jedoch eine Verschiebung nur in Längsrichtung des Nagels zulassen. Diese kleine Bewegung bewirkt, daß sich bei

Muskelanspannung oder Belastung die Fragmente aufeinanderpressen. Diese Tatsache gewinnt weitere Bedeutung dadurch, daß die bei jeder Fraktur entstehende Abbauzone an den Bruchenden um einige Millimeter verkleinert wird. Die Gleitrinnen verhindern auch etwa drohende Drehbewegungen bei einem Spiralbruch. Wirkliche stabile Osteosynthese ist also nur vorrübergehend vorhanden, aber doch so lange, bis der neu gebildete Callus einen zusätzlichen Halt gibt.

Spongioser Knochen ist den Belastungen durch den Nagel weniger widerstandsfähig. Der Abbau geht wesentlich schneller vor sich. Im Röntgenbild lassen sich schon u. U. in der zweiten Woche deutliche Aufhellungen um den Nagel erkennen, besonders wenn das Nagelende, an dem die am Bruchspalt wirksamen Kräfte summiert wirken, nur in der Spongiosa seinen Halt findet, wie bei epiphysennahen Brüchen und Längs- und Spiralbrüchen, die bis in die Gelenke hineingehen. Man erkennt die Lockerung im Röntgenbild an Aufhellungen um den Nagel, die oft von einem feinen Resorptionssaum umgeben sind. Klinisch wird sie schon viel früher kenntlich durch Schmerzen am Bruch und Schwellungen des Gliedes. In diesen Fällen soll sofort die Belastung aussetzen, und das Glied durch zusätzlichen Gipsverband ruhiggestellt werden. Stets muß man am Schluß der Operation prüfen, ob die Vereinigung wirklich fest ist. Federt der Bruch oder läßt er sich gar noch etwas bewegen, dann ist es besser, sogleich einen zusätzlichen fixierenden Gipsverband anzulegen.

Es müssen eben mehrere Faktoren zusammenwirken, um eine stabile Osteosynthese zu erreichen. Nur durch sorgfältige klinische Beobachtung und Erfahrung werden sich Verschiebungen und Störungen der Bruchheilung vermeiden lassen.

3. Pathologisch-anatomischer Umbau im Knochen

Über eine ausgedehnte Markfibrose kommt es zur Ausbildung eines Markcallus und bindegewebiger Abgrenzung des Nagelbettes, während sich außen am Knochen ein kräftiger, spindelförmiger Callus ansetzt. Beide Vorgänge laufen parallel und finden sich in der gesamten Ausdehnung des eingeschlagenen Nagels. Bereits am 7. Tage p.o. hat sich fast das gesamte Knochenmark in lockeres fibröses Gewebe umgewandelt. In ihm ist jetzt nur mehr wenig reticuläres Markgewebe zu finden. Um den Marknagel findet sich dieses neue Gewebe verdichtet und zeigt lamellären Aufbau. Weiter peripher vom Nagelkanal ist die Fibrose noch dichter und teilweise oedematös durchtränkt. Hier finden sich zahlreiche Blutgefäße, kleine Blutaustritte und vereinzelte kleinzellige Elemente außerhalb der Gefäße. In diesen Bezirken ist die erste frisch ausgeschiedene Osteoidsubstanz mit deutlichen Osteoblastensäumen zu finden. Diese Osteoidbildung nimmt in Richtung der Compakta deutlich zu.

Eine weitere Woche später ist schon kein ehemaliges Markgewebe nachweisbar. Das Knochenmark ist restlos fibrös umgewandelt, das neue Gewebe wesentlich zelldichter. Es besteht also schon eine ausgedehnte Markfibrose mit stark ausgeprägter Markcallusbildung, während das periphere starke Osteoid zu einem kräftigen Knochencallus geworden ist. Der Markcallus ist ebenfalls sehr kräftig und um den Nagelkanal konzentrisch geschichtet. Der Nagel dagegen ist von einer straffen, sehr zellreichen Fasergewebszone umgeben und damit bindegewebig abgegrenzt.

Nach der 5. Woche p.o. ist der Höhepunkt der Markcallusbildung bereits überschritten, und die ersten Rückbildungserscheinungen sind zu finden in Form von deutlich perforierenden Kanälen. Das Nagelbett ist völlig straff bindegewebig umgeben und hat sich der Form des Nagels angepaßt. Unmittelbar anschließend an den Bindegewebsmantel des Nagels findet sich ein deutlicher aus Markknochen bestehender Knochenmantel.

Nach der 6. Woche p.op. sind die Rückbildungsvorgänge so stark, daß die Ausbildung einer neuen Markhöhle zu erkennen ist. Der Bindegewebsmantel um den Nagel und die anschließende Knochenschale sind unverändert. Entsprechend der Ausdehnung der Zerstörung des Knochenmarkes, erstens durch die Fraktur selbst und zweitens durch den später eingeschlagenen Nagel, REICH (59) spricht von der Trümmerfeldzone, entsteht an der Außenseite der frakturierten Knochenhöhle der periostale Callus, eine Erscheinung, auf die KÜNTSCHER (52) bereits 1941 in seiner Arbeit „Callus ohne Fraktur" hingewiesen hat. Das Wichtigste bei der bisherigen Betrachtung ist die Feststellung des ausgedehnten Markcallus, der im Anschluß an die ebenfalls ausgedehnte Markfibrose mit ihrer bindegewebigen Abgrenzung des Nagelbettes zustande kommt, und des mächtigen periostalen Callus. Beide Erscheinungen sind für die Marknagelung spezifisch und bei keiner anderen Frakturbehandlung zu finden.

4. Die Vorteile der Marknagelung

Die Vorteile der Nagelung sind bei wirklich stabiler Osteosynthese am augenfälligsten. Auch bei relativer sind sie gegenüber der konservativen Behandlung oder den alten operativen Verfahren noch eindeutig:

1. Anatomisch gerechte Einstellung der Fragmente
2. Sichere Fixation der reponierten Fraktur
3. Gelenkversteifungen werden vermieden, weil keine fixierende Verbände die frühzeitigen Bewegungsübungen des benachbarten Gelenkes unmöglich machen
4. Die Pflege der Kranken wird ungemein erleichtert.
5. KH-Aufenthalt und Arbeitsunfähigkeit werden erheblich verkürzt.

6. Der seelische Einfluß auf die Verletzten ist sehr günstig; sie verlieren das Gefühl, schwer krank zu sein.
7. Die Gefahren langer Bettruhe, lokaler und allgemeiner Zirkulationsstörungen, besonders aber der hypostatischen Pneumonie werden verringert, denn der Kranke kann sich schmerzfrei bewegen.

5. Die Gefahren der Marknagelung

a) Die Gefahr der Fettembolie

Die mechanische Fettverschleppung kommt in geringem Grade bei jeder Fraktur vor. Die Tatsache aber, daß beim Bruch viele Gefäße eröffnet sind und Venen klaffende Lichtungen zeigen, macht die Möglichkeit einer erleichterten Verschleppung von Fett erklärlich, obwohl eine Saugwirkung an den Gliedmaßen nicht zur Wirkung kommt (HOFFHEINZ, FLOURNOY).

Nach RIBBERT dagegen führen schon starke Erschütterungen des Knochens ohne Fraktur zur Fettembolie. Danach wäre die Quelle der F. E. nicht das Fettmark an der Frakturstelle, sondern das gesamte Markgewebe des durch die Gewalteinwirkung erschütterten Skeletts.

KÜNTSCHER hat Druckmessungen in der Markhöhle vorgenommen, indem er einen hohlen Führungsspieß mit einer Membran verwendete, deren Bewegungen elektrisch aufgezeichnet wurden. Er stellte fest, daß der Druck durch schnell aufeinanderfolgende Hammerschläge beim Eintreiben des Spießes über den Venendruck ansteigen kann. Es dauert mehrere Sekunden, bis der Druck wieder abfällt. Daraus ergibt sich, daß zwischen den einzelnen Hammerschlägen eine entsprechend lange Pause bestehen soll. Trotzdem weißt KÜNTSCHER eine klinische Bedeutung der F. E. ab, da die Entstehung einer F. E. bei der Marknagelung unwahrscheinlich sei, weil die Voraussetzung, der Überdruck im Markraum, nicht gegeben sei. Der Nagel füllt den Markraum nur zu einem Teil aus und läßt genügend Raum zum Abfließen des Blutes. Wenn aber das mit Fett durchsetzte Blut auslaufen kann, ist die Möglichkeit der F. E. wenig oder gar nicht gegeben. Damit stimmen auch die Beobachtungen von HOFFHEINZ überein, daß bei komplizierten Brüchen weniger F. E. vorkommen als bei geschlossenen.

Bei der Marknagelung von Ober- und Vorderarm, sowie Unterschenkel wird die Markhöhle zunächst mit dem Pfriem eröffnet. Der Nagel nimmt infolge seiner Form nur etwa ein Drittel der Öffnung ein. Beim Oberschenkel wird die Öffnung an der Einschlagstelle zu etwa drei Viertel durch den Leitspieß und Nagel verschlossen. Offenbar genügt das „Notventil" zusammen mit der Öffnung am Bruchspalt, um eine F. E. zu verhindern. In diesen Fällen kann ausschlaggebend für die Entstehung der F. E. die Erschütterung des Knochens durch zu gewaltsames Einschlagen sein. Wenn dazu bei veralteten Brüchen

der Bruchspalt durch Callus verschlossen ist, kann das Notventil an der Einschlagstelle ungenügend werden. HÄBLER (34) berichtet von einem Fall, bei dem sich der Nagel und der Spieß im distalen Teil des Oberschenkels so fest verklemmt hatten, daß der Spieß beim Versuch, ihn zurückzuziehen, abbrach. Um die erreichte gute Stellung der Fraktur zu erhalten, schlug er einen zweiten Leitspieß neben dem Nagel ein, über den nach Entfernung des Nagels mit dem eingeklemmten Spieß ein zweiter Nagel eingeschlagen wurde. Fünf Stunden p.op. erlag der Patient einer F. E.

Das Blutfett kann aber nur dann eine F. E. verursachen, wenn sein stabiler Emulsionszustand gestört ist, so daß freies grobtropfiges in die Blutbahn gerät. KRÖNKE (46) sieht den Grund für die Bildung der F. E. in einer „Lipaseentgleisung". Überschießende fettspaltende Fermente, die Lipasen, die sich in den Verdauungssäften und in den Organen selber befinden, spielen nach ihm eine wichtige Rolle im Geschehen der traumatischen F. E. Der Anstoß zur Lipaseentwicklung gehe von den oft nur geringen Mengen freien Fettes aus, die von der Frakturstelle in die Blutbahn gelangen. Dabei werde vom cellulären Abwehrapparat zur Verarbeitung des freien Fettes vermehrt Lipase gebildet, deren Wirkungsort zwar die Zellmembran ist, die aber im Blut vermehrt nachgewiesen werden kann. Übersteigt der primäre Fettandrang die Leistungsfähigkeit dieses Abwehrapparates, dann kann der stabile Emulsionszustand gestört und freies Fett aus den Depots gelöst werden. Die Lipase ist also die führende Triebkraft in der Pathogenese der F. E.

Das Fett im Blut gelangt zwansläufig mit dem Blut vom rechten Herzen aus in die Lunge. In den Capillaren wird das Fett wegen seiner größeren Viscosität in der Regel festgehalten. Der Ausdehnung der F. E. in den Lungencapillaren gleichlaufend steigt auch der Widerstand im Pulmonalkreislauf. Dadurch kommt es zu stärkerer Druckbelastung des Ventrikels. Diese führt schließlich, häufig schon nach Stunden, zu einem akuten Versagen des rechten Herzens. So wird klinisch vielfach das Bild eines akuten Kreislaufversagens vorgetäuscht und fälschlich ein traumatischer Kollaps diagnostiziert, besonders wenn wie gewöhnlich eine Senkung der Körpertemperatur vorliegt. Zu der Druckbelastung im kleinen Kreislauf kommt noch eine beträchtliche Erschwerung des Gasaustausches in den Lungen dazu. Ein Röntgenbild zeigt die Fettanschoppung in die Lungen oft schon früh an in Form von kleinen konfluierenden Fleckschatten, teils als kleine disseminierte Herde, die stark einer Pneumonie mit multiplen kleinen Atelektasen durch Sekretstauung ähneln (30). Das Fett kann aber auch die Lungenkapillaren hindurch in den großen Kreislauf getrieben werden und sich nun in anderen Organen ablagern, vor allem im Gehirn. Um die verstopften Kapillaren des Hirns entwickelt sich eine kleine kugelige Nekrose, welcher sich Erythrozyten schalenförmig anlagern. Makroskopisch erscheint das Gehirn von flohstichartigen Blutungen übersät, so daß das Bild einer Purpura cerebri entsteht, die oft den Tod herbeiführt (64).

Ein gesundes Herz mit kräftigem rechten Ventrikel überwindet die durch die F. E. entstandene Druckerhöhung im kleinen Kreislauf in vielen, vielleicht in den meisten Fällen. Alte Menschen mit kleinem schwachen Herzen sind aber ernstlich gefährdet.

GOHBRANDT (25) hat 1947 ein Verfahren angegeben, mit dem in einfacher Weise unphysiologisches Fett im Blut zu erkennen ist. Abpunktiertes Blut wird durch Schütteln mit Nilblausulfat leuchtend gelbrot gefärbt. Der Reaktion kommt aber nur Bedeutung zu, wenn das Blut an richtiger Stelle und zu verschiedenen Zeiten entnommen wird. Bei einer F. E. im kleinen Kreislauf muß das Blut zwischen Bruchstelle und Herzen entnommen werden. Bei einer Fraktur in den unteren Extremitäten aus der V. femoralis. Bei einer F. E. des großen Kreislauf hat das embolisierte Fett die Lungen bereits passiert, so kann auch die Entnahme an anderer Stelle verwertet werden. Jedoch sind wiederholt Kontrollen nötig.

Die Fettembolie im kleinen Kreislauf, die Lungenembolie, geht mit einem mehr oder weniger starken Schockzustand einher: Unruhe, Dyspnoe, Cyanose, flacher, beschleunigter Puls sind die Regel, meist auch Temperatursenkungen. Seltener treten Temperaturerhöhungen auf, die bald als Resorptionsfieber der Blutergüsse, bald als Anschoppung in die Lungen gedeutet werden. Der Blutdruck sinkt auf Werte unter 100 mm Hg. Die Senkung verleitet oft zu der Annahme, den Blutdruck heben zu müssen. FUHLAR und KRAFT (77) setzen sich aber für eine Senkung des Blutdruckes ein, und zwar auf etwa 20 mm Hg unter den Normaldruck; sie erstreben eine künstliche Hypotonie. Nur wenn als Ursache des Schockzustandes eine schwere Blutung vorliegt, fordern auch sie eine gewisse Auffüllung des Kreislaufes, aber nicht auf volle oder gar hohe Werte. Die Berechtigung zur Anwendung der kontrollierten Hypotonie in der prophylaktischen Behandlung fettembolischer Schübe stützt sich auf die formale Genese der F. E. und auf die Beobachtung von pathologischer Seite, vor allem LETTERERs in Tübingen, der festgestellt hat, daß die Hirn-F. E. vor allem dann auftritt, wenn sich nach einem primären Schock die Kreislaufverhältnisse bessern. Die zunehmende Blutdrucksteigerung kann zum Durchtreten der Fetttröpfchen durch die Lungen und dadurch zu einer Hirnembolie führen. Dabei stellt die gleichzeitige Druckerhöhung im Frakturhämatom eine weitere wesentliche Teilursache zu einem erneuten Schub einer F. E. in die Lungen dar. Beide Vorgänge lassen sich vermeiden, wenn man den Blutdruck nicht zur Norm ansteigen läßt. Blutdrucksenkende Mittel, besonders Novocainamid haben sich als sehr vorteilhaft erwiesen.

Die F. E. des großen Kreislaufes tritt erst häufig nach einem freien Intervall, sogar erst nach Tagen auf. Unbehagen, Angstzustände, motorische Unruhe, Verwirrtheit und meist auch hohes Fieber kennzeichnen die Schwere des Krankheitsbildes.

Hier kann evtl. eine sorgfältige Augenspiegelung weiterhelfen, bei der häufig eine sogenannte Angiopathia retinae traumatica zu sehen ist. Man findet in der Netzhaut multiple wolkige bis glänzende Herde mit feinsten Blutungen, die als Embolien der Netzhautcapillaren aufzufassen sind. Subjektive Sehstörungen fehlen meist im Anfangsstadium.

Über erfolgreiche Behandlungen der F.E. wird in der Literatur wenig Günstiges mitgeteilt. BRUNNER (6) berichtet von zwei jungen Patienten mit schwersten Verkehrsverletzungen, doppelter Oberschenkelfraktur und andern Brüchen. Nach einem freien Intervall sind sie allmählich in tiefe Bewußtlosigkeit gekommen und blieben einige Tage bewußtlos. An der Haut konnten Petechien nachgewiesen werden. Die Patienten wurden über einige Stunden ohne Curaresierung tiefst mit Äther narkotisiert, so tief, daß mehrfach Atemstillstand eingetreten ist, der wieder behoben werden konnte. Andere therapeutische Maßnahmen wurden an ihnen nicht durchgeführt. Als sie aus der Narkose aufwachten, ist ganz allmählich das Bewußtsein wiedergekehrt. Durch diese drastische Maßnahme ist beiden das Leben gerettet worden.

An der Münchner Klinik ereigneten sich bei 820 Marknagelungen 4 F.E. der Lungen mit letalem Ausgang, die autoptisch gesichert sind. Bei einer Pseudarthrose gingen eine schwere Osteomyelitis und eine Marknagelung voraus. Die zweite Nagelung erfolgte 8 Monate später, als die Osteomyelitis abgeheilt war. Sie führte zur F.E. Die Gefährlichkeit der F.E. ist nicht so groß, in unserem Krankengut, bezogen auf die Oberschenkelnagelungen, 1,3%, bei HÄBLER 2,5%. Auch die konservative Behandlung ist mit einer recht hohen Mortalität belastet, bei BÖHLER mit 3,9%.

Die restlichen zwei F.E. traten nach Nagelung von Schenkelhalsfrakturen auf. In einem Fall lag noch zusätzlich ein Trümmerbruch des Oberarmes vor. Sieben Tage nach der ersten Nagelung des Schenkelhalsbruches wurde die Verschraubung eines abgesprengten Humerusstückes durchgeführt. Bei der Lagerung der Patientin auf den Operationstisch kam es zum Abgleiten des Schenkelhalsnagels. Zwei Tage später wurde die zweite Nagelung der Schenkelhalsfraktur vorgenommen. Noch am gleichen Tage erlag die Patientin einer terminalen F.E. der Lungen mittleren Grades. Im zweiten Falle lag eine pertrochantere Fraktur vor. Acht Tage p.op. kam die 74jährige Patientin ad Exitum. Histologisch wurden eine F.E. und eine Bronchopneumonie festgestellt. In diesem Falle darf angenommen werden, daß erst die hinzugetretene Pneumonie den Ausschlag zum letalen Ausgang gegeben hat.

b) Reizwirkung des Nagels als Fremdkörper

Der Nagel läßt als alloplastisches Material Bedenken in Bezug auf Art, Haltbarkeit und Gewebsverträglichkeit mit Berechtigung zu. Der Grund hierfür

liegt in der Tatsache, daß jeder Fremdkörper im menschlichen Gewebe mehr oder weniger starke Reaktionen auslösen kann, wobei sowohl die Art des Fremdmaterials als auch der Organismus bestimmend wirken. Das Gewebe reagiert auf diese chemischen und toxischen Reize ähnlich wie auf eine bakterielle Einwirkung mit Entzündungserscheinungen. Es bestehen nur graduelle Unterschiede.

Aus der Reihe der Materialien erwies sich nur eine kleine Gruppe von Metallen, denen ein relativ indifferentes Verhalten gegenüber menschlichem Gewebe zugeschrieben werden kann, als zeitlich begrenzt brauchbar. Es handelt sich hier um die bekannten Stähle V_2A und V_4A sowie um Vitallium (75).

Durch Bildung von schwer löslichen Oxyden, Hydroxyden, Chloriden usw. entsteht bei diesen Metallgruppen ein Überzug widerstandsfähiger Chromverbindungen, deren Reaktionsvermögen bei nicht pathologischen Bedingungen einer Inaktivität gleichkommt.

Eine Metallegierung, die sich spontan inaktiv verhält, ist das Vitallium (AUSTENAL LABORATORIES, NEW YORK). Auch unpoliert liegt diese Legierung völlig reizlos im Gewebe und bleibt ohne Korrosion auch bei dauernder Belastung. Bei V_2A-Stahl treten auch bei guter Oberflächenbeschaffenheit geringe Korrosionserscheinungen auf (82).

Die Eigenschaft der Inaktivität ist bei einem optimalen Chromgehalt von 13 bis 16% zu erwarten (82). Der Fremdkörper hat dann nur dahingehende Reizwirkung auf das Gewebe, daß sich um ihn noch eine zweite Hülle mit membranös fibröser Auskleidung bildet (SEYFARTH 1956). Die beiden Hüllen stellen dann einen schutzgebenden, chemisch-biologischen Gleichgewichtszustand dar, mit dem allerdings auf die Dauer nicht gerechnet werden kann, weil die Kapsel mechanisch und chemisch dauernd beansprucht wird. Es ist diesbezüglich eine Reihe von Faktoren zu nennen, die durch ihre elektrogenetische Wirkung Korrosionsschäden erzeugen und nicht allzu selten auch bei rostfreien, sog. reinen Metallen, vorkommen. „Nicht-rostend" stellt nach STÖHR lediglich einen Sammelbegriff für Stähle besonderer Widerstandskraft gegenüber bestimmten Einflüssen dar. So kann ein rostfreier Stahl für die Herstellung von Instrumenten sehr geeignet sein, im menschlichen Gewebe – als Küntschernagel – aber dem Rostfraß verfallen.

In den Gewebssäften befindet sich eine Reihe freier Metallionen (K, Na, Ca, Fe u. a.), die bestrebt sind, elektrochemisch zu wirken, wenn sie mit Metallen in Berührung kommen. Metall wirkt als galvanisches Element, woraus elektrochemische Prozesse resultieren, wenn es unrein ist, oder wenn es oberflächliche mikroskopische Unebenheiten aufweist oder in verschiedenen Medien mit unterschiedlicher O_2-Konzentration liegt (SMOOK und GAILLARD, 1939). So wirkt der Metallstift dann im Knochen, dem O_2-armen Milieu, als Anode und außerhalb des Knochens, dem O_2-reichen Medium, als Kathode. An die

Elektroden geben die Ionen ihre elektrische Ladung ab und werden wieder chemisch wirksame Atome, die entweder frei werden oder sekundäre Prozesse mit den Elektroden, bzw. deren Lösungsflüssigkeit eingehen (CLAUSIUS-ARRHENIUS).

Unter diesen Bedingungen zerfällt das Problem. Eine ständig langsame Anreicherung des anliegenden Gewebes mit Chromionen erschöpft einmal den Chromgehalt und läßt die Eisenionen ungehindert ihre Aktivität entfalten. Das im Bereich des Kraftfeldes liegende Gewebe ist dann mit Eisenionen durchtränkt und fällt der Nekrose anheim (METALLOSIS).

Die Intensität dieser Reaktionen ist dabei von der Art des Metalls, bzw. dessen Stelle innerhalb der elektrischen Spannungsreihe abhängig und wird unter Verwendung zweier unterschiedlicher Metallimplantate sogar noch verstärkt (ROSTOCK 1941).

Dies hat besondere Bedeutung für die gleichzeitige Verwendung von Drähten und Nägeln, deren Legierungen nur selten äquivalent sein dürften. Die verschiedenen Metalle geben dann in einer wässrigen Lösung, wie sie die Körperflüssigkeit darstellt, nach dem Gesetz der Lösungstension Ionen ab. Werden zwei oder mehrere oder eine nicht homogene Legierung in den Organismus versenkt, so entsteht dabei ein galvanisches Element mit der Körperflüssigkeit als Elektrolyt. Die Spannung und damit die Intensität der Elektrolyse ist umso größer, je weiter die Metalle in der galvanischen Spannungsreihe voneinander entfernt sind. Bei Metallen, die sich nicht ideal berühren, geht der elektrolytische Ausgleich mit Metallionen über das Gewebe bis zur Auflösung einer Elektrode. HÄBLER (1954) wies an V_4A-Drahtschlingen Ströme von 50 mV nach, die eine Knochenresorption solchen Ausmaßes verursachten, daß eine Spontanfraktur zustande kam. Diese Erscheinungen waren kurz nach dem Kriege vielfach zu beobachten, da fast alle Metalle stark verunreinigt in den Handel kamen. Die Folge war eine nach wenigen Tagen oder Wochen auftretende Eiterung. Im Röntgenbild sah man bis münzengroße Aufhellungen im Knochen, teilweise mit röhrenförmigen Sequestern. Der Eiter war immer steril. Nach Entfernung der Drähte heilten die Defekte ohne Beschwerden rasch ab (82). Auch WITTMOSER berichtet von Gewebsschädigungen durch den Nagel, die zu Eiterung und Fistelbildung führten. MAATZ und REICH (59) berichten von 3 Fällen, bei denen nach Extraktion des Nagels sogleich die bestehende Infektion ausheilte. Auch an der Leipziger Klinik (LORE SCHIMMELPFENIG-DISS. U 53.2034) bewirkte die Nagelentfernung in 3 Fällen eine rasche Abheilung der bestehenden Osteomyelitis.

Auch an der Münchner Klinik vollzog sich der Heilungsverlauf nach Nagelentfernung in 2 Fällen beschleunigt. Bei einer Oberarm-Osteomyelitis nach Drahtung und Küntscher-Marknagelung wurde nach Entfernung des Drahtes ein rasches Nachlassen der Eiterung festgestellt. Die Eiterung hört ganz auf,

als der Nagel 6 Wochen später auch aus dem Knochen entfernt wurde. In zwei weiteren Fällen von Knochenmarkseiterung konnte allerdings keine positive Änderung des Krankheitsverlaufes verzeichnet werden. In einem Fall bewirkte die Nagelentfernung sogar eine vermehrte Eiterung.

In 7 Fällen wurde eine stärkere Resorption um den Nagel röntgenologisch sichtbar, meist um die Nagelspitze. Zu einer besonders starken Resorption um die Nagelspitze kam es bei einer Schenkelhalsnagelung mit Laschennagel, die die Ankylosierung des Hüftgelenkes zum Ziele hatte, an dem eine chronisch-fibrinöse Arthritis bestand. Die Nagelung führte nicht zum gewünschten Erfolg, denn um die Nagelspitze bildete sich durch Demarkation eine Articulationshöhle von 1,5 x 5 cm Größe, in der sich der mit dem Femur fest verankerte Laschennagel gegen das Becken zu bewegte und eine Art Gelenkfunktion übernommen hatte.

In zahlreichen Fällen konnte bei der Nagelentfernung eine starke Lockerung des Nagels verzeichnet werden, so daß dieser mühelos, sogar mit den Fingern, aus dem Knochen gezogen werden konnte. Das den Nagel umgebende Knochengewebe war körnig mazeriert und schwarzblau bis tiefschwarz verfärbt. Histologisch wurden im untersuchten Gewebe eine große Zahl kleinster, eisenhaltiger Splitter gefunden, die teilweise in Form feinstkörniger Massen in ein hyalinisiertes Bindegewebe eingeschlossen waren (HUECK). Die Lockerung jedes in das Markrohr eingeführten Nagels durch Resorption des umgebenden Knochens ist nur durch die Ausnutzung der elastischen Verklemmung zu umgehen. Ist der Querschnitt des Nagels elastisch gestaltet, so wird er beim Einschlagen zusammengepreßt und dehnt sich dann später der Resorption des umgebenden Knochens entsprechend wieder aus. Dadurch wird der mechanische Effekt dieser Resorption, die Lockerung, wirkungslos.

Nur durch die Ausnutzung dieses Prinzips der elastischen Verklemmung läßt sich die dauernde, ununterbrochene Ruhigstellung des Bruches mit einem Marknagel erreichen (49).

Die bisher mit Metallstäben gemachten Erfahrungen lassen auch bei den bereits wesentlich verbesserten Materialien zu dem Schluß kommen, daß diese als permanente Implantate abgelehnt werden müssen, auch wenn das in den Körper versenkte Metall mit seiner unterschwelligen Reizwirkung ohne erkennbare Schädigung vertragen wird.

c) Einfluß auf die Callusbildung

Die intensive Callusbildung bei der Marknagelung, die schon in den Jahren um 1940 beobachtet wurde, führten die meisten Autoren auf einen callusfördernden Reiz des Nagels zurück. A. W. FISCHER, HEIM, REICH (26)

waren der Meinung, daß hier die Callusbildung wesentlich stärker auftritt als bei der Bruchbehandlung mit Gips und Streckverband. Auch BÖHLER war zunächst dieser Meinung. Später kam er zur gegenteiligen Auffassung.

Als förderlich galten für die Callusbildung Metallione im Gewebe. MAATZ, KÜNTSCHER, EIGENTALER (57) führten Experimente durch, indem sie einen Nagel oder Eisenkern in die Markhöhle eines ungebrochenen Knochens einlegten, wodurch starke Callusbildung einsetzte, die mit zunehmendem Eisengehalt des Materials mächtiger wurde. Bruchhämatom und mechanisches Anpressen von Marksubstanz beeinflussen den Callus in günstigem Maße, da deren Anwesenheit überhaupt als erstes auslösendes Agens anzusehen ist (BIER, MARTIN, HERZOG). Das Mark regt das benachbarte Gewebe zur Knochenneubildung an. Eine ähnliche Erscheinung findet sich manchmal röntgenologisch als „Knochenhütchen", hervorgerufen durch das an der Einschlagstelle ausgetretene Mark. Von anderen Autoren dagegen wird die beschleunigte Callusbildung bei der Marknagelung mit einer kompensatorisch verstärkten periostalen Vaskularisation in Zusammenhang gebracht. Callusbildung und Verschmelzung der Frakturenden erfolgen, nach den Untersuchungen von TRUETA und CAVADIES (7) an Kaninchen, an den genagelten Knochen rascher als bei nagellosen Kontrolltieren. Eine Beschleunigung der Frakturheilung konnte jedoch nicht nachgewiesen werden. Die Angiogramme zeigten, daß durch die Nagelung das medulläre Gefäßnetz vernichtet und gleichzeitig die Zahl der perforierenden Periostgefäße ungemein vermehrt werden. Aus dem Versuch geht hervor, daß die raschere und vielfach ausgedehntere periostale Knochenneubildung und endostale Osteolyse bei der Marknagelung Auswirkungen der Vernichtung des medullären Gefäßnetzes und des kompensatorischen Ausbaues einer periostalen Kollateralzirkulation sind. Von großer Bedeutung sind die mechanischen Verhältnisse an der Bruchstelle. PAUWELS konnte an Schenkelhalsbrüchen nachweisen, daß Druckkräfte auf den Callus fördernd wirken, während Schub-, Scher- und Drehkräfte die Pseudarthrose herbeiführen. Der Knochen stellt doch im Körper das Gewebe dar, das für Druckbeanspruchung gebaut ist. Der Marknagel nimmt nun sämtliche schädlichen Kräfte auf und läßt nur die günstigen Druckkräfte wirken.

Der gut passende Nagel gestattet in den ersten Wochen nach der Nagelung auch bei starker Beanspruchung nicht die geringste Verschiebung der Fragmente. Der Callus liegt in mechanischer Ruhe, während um ihn herum das Muskelspiel arbeitet. Nach einigen Wochen erlaubt der Nagel eine sehr kleine Bewegung in axialer Richtung. Diese Bewegung bewirkt, daß bei kräftiger Muskelbeanspruchung oder Belastung die Fragmente aufeinandergepreßt werden. Dadurch wird der Callus unter reine Druckspannung gesetzt. Aus diesem Grunde bestehen bei der Marknagelung im mechanisch-biologischen Sinne ideale Verhältnisse.

Auch das Periost spielt eine wesentliche Rolle bei der Callusbildung, und zwar bei Jugendlichen mehr als bei Erwachsenen. An Stellen, an denen eine dicke Periostlage vorhanden ist, ist die Callusbildung viel stärker als da, wo nur ein ganz zarter Periostsaum vorliegt. Ebenso ist, wie REHN gezeigt hat, der Einfluß der Muskulatur unverkennbar. Je kräftiger diese in der Umgebung des Bruches ist, um so intensiver ist im allgemeinen die Callusbildung. Auch die Durchblutungsverhältnisse des Knochens sind nicht ohne Bedeutung. So bilden die Brüche des Oberschenkels guten Callus, der Schenkelhals nur sehr wenig, ebenso die Femurkondylen. Ähnlich liegen die Verhältnisse am Schienbein. Die Callusbildung des Schaftes ist hier wesentlich geringer als am Oberschenkelschaft. Der Schaft des Wadenbeines bildet stets reichlichen Callus, da er überall von einem kräftigen Muskelmantel umgeben ist. Am Tibiakopf und den Knöcheln ist der Callus geringer. Verhältnismäßig wenig am Radius und Ulna. Zertrümmerungsbrüche geben ungleich viel stärkeren Callus als feine Fissuren. Auch Brüche mit starker Seitenverschiebung und Verkürzung bilden viel mehr Callus als solche ohne Abweichungen.

Gar nicht so selten sieht man bei der Marknagelung eine besonders starke Callusbildung. Zwei Formen sind dabei zu unterscheiden: Der gut strukturierte, vollwertige Callus mit glatten Konturen und der minderwertige Callus mit unregelmäßiger Struktur und regelloser, wolkig-wabiger Struktur ohne Kraftlinienzeichnung (34). BÖHLER, JÖRG (1) betrachtete den letzten als Reizcallus und vergleicht ihn mit dem funktionsuntüchtigen Kugelcallus schlecht fixierter Metatarsalbrüche. Er entsteht dadurch, daß am Bruchspalt ständig leichte Wackelbewegungen stattfinden. In den meisten Fällen sieht man auch feine Aufhellungen um den Nagel als Zeichen dafür, daß die Osteosynthese nicht stabil war. Bei ideal eingerichteten Brüchen sieht man immer nur wenig Callus (34).

MAATZ hat 1941 das Material der Kieler Klinik, damals 300 Fälle, untersucht und nur in 5 Fällen vermehrte Callusbildung gesehen, und zwar nur bei Jugendlichen. RIEDER hat vergleichende Untersuchungen an seiner Klinik anstellen lassen an einer großen Zahl von Brüchen vor der Einführung der Marknagelung und nach derselben. Er kommt zu dem Schluß, daß ein wesentlicher Unterschied nicht festzustellen ist. Entscheidend ist nicht die Menge des Callus, sondern nur ob der vorhandene belastungsfähig ist.

Bis vor kurzem war es immer die Freude der Chirurgen, wenn eine große Callusmenge aufgetreten ist. Es war daher eine Überraschung, daß DEJARDIN (8) auf dem Chirurgenkongreß in München 1952 auftrat und seine und seines Lehrers DANIS Ansicht demonstrierte, daß eine solche Callusmenge unerwünscht sei. Sie sei vergleichbar mit einem Keloid oder einer Heilung p.sec.int. Das beste sei das Zusammenwachsen des Knochens ohne jede Callusbildung.

Dieser Ansicht pflichtet auch KÜNTSCHER (55) bei, wenn er die Callusbildung auf eine örtliche chemische und physikalische Osteoblastenreizung zurückführt. Die Callusbildung ist nach ihm abhängig vom Reiz einer Entzündung. Gleichgültig welcher Art sie ist, lediglich die Intensität und Dauer des entzündlichen Prozesses sei entscheidend. Der Knochen antwortet auf jeden entzündlichen Reiz, sei er chemisch, thermisch, mechanisch, infektiös oder toxisch, stets mit derselben Reaktion. Die höchsten Grade der Entzündung findet man nun auch bei der eitrigen Infektion, und so ist auch die eitrige Osteomyelitis das Beispiel für die mächtigste Callusbildung (51). Hier entstehen Verschiebungen des Ionenmilieus nach der sauren Seite bis zu pH 6,2. Bei der intensiv mit antibiotischen Mitteln behandelten eitrigen Osteomyelitis ist die Entzündung wesentlich schwächer und damit auch die Callusbildung, die oft nur als periostaler Säum auftritt.

GÖTZE fand mit Indikatoren im jugendlichen Callus wesentlich höhere Aciditätswerte als im normalen Knochen. GREUNE brachte mit Indikatoren getränkte Baumwollfäden an die Bruchstelle und fand vom 3. bis 5. Tag ab eine Verschiebung nach der sauren Seite um 0,2—0,4 pH. Sie dauerte bis zur 3. Woche (55).

Das Wesen jeder Entzündung ist der übermäßig gesteigerte Stoffwechsel, und physiko-mechanisch steht eine Verschiebung des Ionenmilieus nach der sauren Seite im Vordergrund, sowie eine Zunahme der K-Ionen. Diese Verschiebung ist Folge eines Versagens der lokalen regulatorischen Vorgänge gegenüber dem erhöhten Stoffwechsel. Jede Zelle ist nur innerhalb engbegrenzter physiko-mechanischer Konstanten, dem eukolloidalen Milieu nach H. SCHADE, lebensfähig. Durch den Zellzerfall entstehen stark saure Substanzen, wie Leucin und Tyrosin, freie und flüchtige Fettsäuren. Beim Knochenbruch ist dieser Zellverfall schon teilweise durch die mechanische Störung des Bruchgeschehens eingetreten. Als Endprodukte entstehen saure Abbauprodukte, wie CO_2 und organische Säuren. Die Vermehrung wirkt im Sinne einer Vagusreizung und verursacht dadurch eine Gefäßerweiterung. Die Menge des erzeugten Callus ist gleichzeitig ein Maß für den Grad und die Ausdehnung der Entzündung. Die Entzündung führt zu einer Wucherung des mesenchymalen Gewebes, in der Hauptsache also des Periostes und des Bindegewebes im Bruchspalt.

Macht man sich die geschilderte Auffassung der entzündlichen Genese jeder Callusbildung zu eigen, so erkennt man sofort, daß die Ansicht von DANIS zu Recht besteht. Auch seine Meinung, daß eine übermäßige Callusbildung einer Heilung p.sec.int. gleicht, entspricht genau den Tatsachen. Die Versteifungen nach Frakturbehandlung sind daher nach KÜNTSCHERs Ansicht (55) mit der bereits zitierten Feststellung von SCHADE zu erklären, daß das saure Milieu das Bindegewebe zur Wucherung anregt. Gelenkversteifungen

treten ja gerade bei Frakturen auf, die nahe dem Gelenk oder gar in demselben liegen. Es kommt zur Bindegewebswucherung in die Kapsel. Ebenso verlöten die Sehnen mit ihren Scheiden. Reichlich gebildeter Callus zeigt also eine vorausgegangene ausgedehnte Entzündung an, sei es nun, daß viel Knochengewebe zertrümmert wurde oder sehr viele Nekrosen durch die Fraktur entstanden sind.

Die Callusbildung ist ein zweiphasiges Geschehen, denn wenn der Callus im Röntgenbild sichtbar wird, ist die Entzündung schon abgeklungen. In der ersten Phase finden wir die erwähnte Verschiebung nach der sauren Seite, am 4. Tag dieser Phase bis zu einem pH von 7,5. In der zweiten Phase kommt es zu einem beträchtlichen Umschlag nach der alkalischen Seite, hier bis zu einem pH von 9,0. Diese Alkalisierung bewirkt die Ausfällung von tertiärem Calziumphosphat, dem Hauptbestandteil der Knochensalze.

Da die ausgedehnte Callusbildung Folge einer starken Entzündung ist, entsteht die Frage, wie ein übermäßiges Auftreten von Callus und die schädlichen Auswirkungen der Entzündung auf die Weichteile zu verhindern oder möglichst klein zu halten sind. Zwei Wege stehen offen:

1. Den Entzündungsreiz so gering als möglich zu halten.
2. Für raschen Abtransport der schädlichen Entzündungsprodukte aus den Weichteilen zu sorgen, d. h. möglichst rasch die Eukolloidität des Gewebes wiederherzustellen.

1. Die durch das Trauma verursachte Entzündung können wir nicht wesentlich verändern. Wohl lassen sich weitere Nekrosen infolge Reibung der Bruchstücke gegeneinander vermeiden, d. h. die Dauer der Entzündung abkürzen. DANIS (8) hat dies durch seine Methode der festen Vereinigung der Fragmente erzielt. Ein ideales Mittel zu einer festen Vereinigung ist der Marknagel. Selbstverständlich muß vermieden werden, daß der Nagel selbst eine zusätzliche chemische Entzündung und vermehrte Callusbildung verursacht. Er muß also aus chemisch einwandfreiem Material bestehen.

2. Der eigentliche Schaden an den Weichteilen, den übermäßiger Callus verursacht, ist nur durch raschen Abtransport der schädlichen Entzündungsprodukte zu vermeiden. Hierfür kommt nur die frühzeitige und intensive aktive Bewegung in Frage. In beiden Punkten deckt sich also die theoretische Betrachtung mit den Forderungen und klinischen Erfahrungen von DANIS. Diese frühzeitige Bewegungstherapie ermöglicht die Marknagelung. Unter diesen Voraussetzungen wird auch eine wesentliche Schädigung der Weichteile tatsächlich verhindert, wie MAATZ, MOEYS, GRIESMANN, LEMPERT, WESTERBORN in ihren Statistiken zeigten. Ja sogar die beim Unterschenkelbruch so gefürchtete Capillarschädigung, das hartnäckige Ödem, tritt praktisch nicht mehr auf.

Es ist also gar nicht wünschenswert, eine übermäßige Callusmenge zu erzeugen. Bei gleich hoher Acidität wird der pH-Wert bei einem kleinen Callus viel rascher zur Norm absinken als bei einem großen. Der Übergang von der ersten zur zweiten Phase, zur Kalkeinlagerung und damit zur knöchernen Konsolidierung der Fraktur wird viel rascher eintreten.

Übermäßige Callusbildung wurde in den Krankenblättern unserer Klinik nur in drei Fällen mitgeteilt.

Unter den an der Chirurg. Klinik in München durchgeführten Nagelungen setzte in 44 Fällen = 5,4%, die Callusbildung verspätet ein, von denen aber nur 7 (0,9%) eine starke Verzögerung bis ausgesprochene Verlangsamung zur Folge hatten. Ursachen für diese starken Verzögerungen waren in zwei Fällen von Oberarmbrüchen Radialis-, bzw. Radialis- und Ulnarislähmungen. Eine komplette Unterarmfraktur, die vorher ohne Erfolg konservativ behandelt worden war, vermochte auch die Nagelung nicht zu heilen, da sich vor und nach der Nagelung keinerlei Callus bildete. Erst durch einen Phemisterspan wurde die Pseudarthrose des Radius behoben; an der Ulna blieb sie jedoch bestehen. Bei einem Patienten mit beiderseitigem Oberschenkelbruch und minderwertigem Callus führte die Nagelung erst nach 6 Monaten zur knöchernen Konsolidierung. Die erfolglose konservative Behandlung hatte vorher ebenso lange gedauert. Eine Schenkelhalsfraktur mit stark verzögerter Callusbildung und fortschreitender Kopfnekrose konnte nur zur fibrösen Heilung gebracht werden.

Leichte Verzögerungen waren bedingt durch mangelhafte Reposition (große Bruchdiastase) und unzureichende Fixierung durch den Nagel (durch gebogenen Nagel oder durch Drehung desselben), in sieben Fällen durch Knocheninfektion. Viermal hemmte eine vorzeitige Verknöcherung der Fibula die Callusbildung an der Tibiafraktur. Infolge Kopfnekrose des Schenkelhalses erfolgte in sechs Fällen verlangsamte Knochenneubildung.

Von 30 Pseudarthosen nach erfolgloser konservativer Behandlung konnten 27 durch die Marknagelung unter guter, z. T. reichlicher Callusbildung in Kürze zur knöchernen Vereinigung gebracht werden.

d) Zwischenfälle bei der Marknagelung

Die meisten Zwischenfälle bei der Nagelung, die in den Krankengeschichten erwähnt sind, kamen zustande, weil Instrumentarium oder sonstige technische Einrichtungen unvollständig waren. So kam es wiederholt zum Bruch von Instrumenten, für die kein Ersatz vorhanden war. Die Folgen waren lange und schwere Operationen, BÖHLER nannte sie in den Anfangsjahren der Küntscher-Marknagelung „Ringschlachten". Kein Wunder, daß bei diesen Vorkommnissen die Minutiosität der aseptischen Technik leidet und Infektionen danach in auffälligem Maße auftraten.

Es sei hier betont, daß man die Nagelung nicht ohne die notwendigen Einrichtungen beginnen darf, daß man vor allem Nägel von verschiedener Länge und Dicke zur Hand haben muß. Sprengungen durch zu dicke Nägel kommen wohl nur vor, wenn Fissuren vorhanden waren, die auf der Röntgenaufnahme nicht zu sehen, vielleicht auch unvollständig waren. Dafür spricht oft die Form und Lage der Sprengstücke. In unserem Krankengut erfolgte elfmal eine Sprengung des Knochens, meist im Bruchbereich. Gefährdet ist besonders der Oberschenkelknochen, wenn der starre Nagel nicht von oben, sondern etwas schräg von der Seite in den Markkanal eindringt. Ist der zu nagelnde Knochen gebogen, so erfolgt eine Absprengung an der Konvexseite des Knochens. Größere Bruchstücke müssen mit Supramidfäden oder mit dicken gedoppelten Catgutfäden fixiert werden, um eine feste Vereinigung der Fragmente zu erreichen. Bei einem Oberschenkelbruch unseres Krankengutes, an dem das distale Fragment gesprengt worden war, mußte eine Keilosteotomie vorgenommen werden.

Verbeißt sich die Nagelspitze in der Kortikalis oder verklemmt sich der Nagel im zu engen Lumen, so erkennt man die Gefahr am veränderten Klang der Hammerschläge, die heller und metallischer werden.

Auch die Einschlagstelle ist gefährdet, wenn in ein kleines Bohrloch ein dicker Nagel eingeschlagen wird. Hier sind vor allem die Sprengungen am Trochanter major zu erwähnen. Die Stabilität wird dadurch natürlich in Frage gestellt. Darum muß man bei der Bestimmung der Nageldicke sehr sorgfältig sein.

Auch muß die Nagellänge genau gemessen werden, sonst läuft man Gefahr, ihn in das Gelenk zu treiben. In zwei Fällen wurde bei uns das obere Sprunggelenk verletzt. Es kam zu Fissuren senkrecht durch die Tallusrolle. Die Verletzungen waren aber so gering, daß der Nagel belassen werden konnte. Die Verletzungen heilten ohne jede Störung für die Funktion des Gelenkes aus. Liegt eine größere Sprengung der Gelenkfläche vor, so muß der Nagel unbedingt entfernt und durch einen kürzeren ersetzt werden, da sonst eine schwere Arthrosis deformans entstehen könnte. Bei infizierten Brüchen dagegen darf man den Nagel nicht entfernen, denn damit würde man der Infektion den Weg in das Gelenk öffnen. (34)

Bei der Schenkelhalsnagelung liegt eine große Gefahr in der Verklemmung des Führungsdrahtes mit dem Nagel. So wurde dreimal während des Einschlagens der Bohrdraht vom Nagel mitgenommen. Beim Versuch, ihn mit der Bohrmaschine wieder zurückzuziehen, kam es zum Bruch des Drahtes. Die Drähte waren durch das Acetabulum ins kleine Becken eingedrungen, wo sie in der Länge von 9 cm zwischen Uterus und Harnblase liegen geblieben waren, bzw. mit 11 cm Länge die Wurzel des Sigma und zwei Ileumschlingen durchstoßen hatten. Die durch diese Komplikation notwendig

gewordene Laparotomie führte bei einer 72jährigen Patientin zur Bronchopneumonie und nach einem Monat p.op. zum Versagen des Herzens und des Kreislaufes.

Unangenehm ist der Nagelbruch, der meist auf Materialfehler oder darauf zurückzuführen ist, daß ein zu schwacher (und evtl. schon beschädigter) Nagel plötzliche starke Belastung aushalten muß.

Unter unseren Fällen kam es einmal zum Bruch des Oberarmnagels 5 Jahre p.op. An der Bruchstelle bildete sich eine Pseudarthrose (Röntgenbilder konnten nicht beigebracht werden). Weiter ist ein Laschennagel an der Biegungsstelle gebrochen. Mehrmals sind bei Laschennägeln Schrauben abgebrochen, die nicht alle entfernt werden konnten. Die Bruchstücke eines Nagels müssen aber sofort entfernt und ein neuer Nagel eingeschlagen werden. Dann sind keine weiteren Folgen zu befürchten.

Die Nagelentfernung kann dadurch schwierig werden, daß der Nagel sehr tief eingeschlagen wurde oder später in den Knochen hineingerutscht oder eingebrochen ist. Das kommt besonders bei Nagelungen des Oberarmes von proximal vor. Bei uns kam es bei der Nagelentfernung zu einer Refraktur des geheilten Oberarmbruches, da der Nagel sehr tief und fest im Knochen saß und nur unter großer Gewaltanwendung gezogen werden konnte.

Die Schwierigkeiten und Zwischenfälle sind recht mannigfältig, und es muß betont werden, daß die Marknagelung ein verantwortungsvoller Eingriff ist, den man nur vornehmen darf, wenn man über ein vollständiges Instrumentarium mit allen technischen Einrichtungen und über genügende Erfahrung in der Knochenbruchbehandlung und Knochenchirurgie verfügt.

6. Septische Komplikationen

a) Infektionsgefahr bei der gedeckten Nagelung

Das Hauptrisiko jeder blutigen Bruchstellung liegt in der Infektionsgefahr. Diese ist bestimmt von der Beschaffenheit des Operationsgebietes, der Ausdehnung der begleitenden Gewebsverletzungen, der Lebens- und Abwehrkräfte des betreffenden Gliedabschnittes. Sie wird zusätzlich durch die weiteren Gewebsverletzungen beim Eingriff selbst erhöht.

Bei der gedeckten Nagelung treten meist örtliche, auf. die Einschlagstelle beschränkte, Infektionen auf. Der Verlauf ist mild und leicht zu beherrschen. Die Wundheilung erfolgt p.s. ohne Beeinflussung des AZ und ohne Störung auf die Heilung des Bruches.

Die Tatsache, daß die Infektionsgefahr bei der gedeckten Nagelung frischer geschlossener Brüche gering ist, zeigen folgende Angaben:

REICH	bei 233 Marknagelungen	8 Inf. = 3,4%
BÖHLER	bei 168 Marknagelungen	5 Inf. = 2,9%
HÄBLER	bei 140 Marknagelungen	3 Inf. = 2,1%
Chirurg. Kl. München	bei 160 Marknagelungen	2 Inf. = 1,8%

Die Infektionszahlen liegen somit niedriger als bei anderen aseptischen Operationen, wie z. B.: Leistenbruch, die von 2,3% (TEICHERT), 5,0% (Kirschner) bis zu 10% und mehr angegeben werden.

Die Eiterung kann aber auch am Nagel entlang ins Knochenmark abwandern und zu einer schweren Komplikation führen. Ausgangsort der Infektion ist in diesen Fällen immer die bei der Operation gesetzte Weichteilwunde.

b) Infektionsgefahr bei der offenen Nagelung

Eine ungleich größere Rolle mußte die Infektion von dem Zeitpunkt an spielen, als die Marknagelung nicht mehr auf die Behandlung geschlossener Schaftbrüche beschränkt blieb. Bei komplizierten Frakturen ist die Infektionsgefahr akut oder schon eingetreten. Bereits mit der Eröffnung des Bruchspaltes, d. h. blutigen Einrichtung des Bruches, wurde die Nagelung zu einem ausgesprochen operativen Verfahren, bei dem mit einer größeren Infektionsgefahr gerechnet werden mußte. Ausgangsort der Infektion ist in diesen Fällen die Bruchstelle.

Dem weiteren Verlauf der Infektion, welche mit der Gleichung (38):

$$\text{Infektion} = \frac{\text{Menge} + \text{Art der Erreger} \times \text{Virulenz}}{\text{Resistenz}}$$

festgelegt werden kann, entspricht das jeweilige Krankheitsbild. Früher war das, was man unter Virulenz der Erreger verstand, recht vage. Heute kann man sie zum Teil dadurch austesten, daß man prüft, gegen welche Antibiotica die betreffenden Erreger empfindlich sind, daß man ihre Giftwirkung und Vermehrungsgeschwindigkeit festlegt. Auch die Resistenz ist variabel und hängt von mehreren Faktoren ab, von Eiweiß- und Vitaminmangel in der Ernährung, Kälteschäden, Überanstrengung, seelischen Einflüssen. Durch experimentelle Untersuchungen (32) wissen wir, daß Resistenz zum größten Teil von der Immunitätslage abhängt, womit sich der Begriff dem der Immunität nähert, wenn er sich auch nicht mit ihm deckt.

Ein weiteres wichtiges Moment, das die Ausbreitung einer Infektion bis zur Osteomyelitis unterstützt, ist die Lösung des Periostes vom Knochen. Nach GRIESSMANN und REICH (26) sind sowohl Periost als auch das Knochenmark für die Ernährung des Knochens verantwortlich. Beide Knochenteile werden unter dem Frakturgeschehen verletzt, wodurch eine Ernährungsstörung an den Frakturenden auftritt. Weiter wird das Knochenmark durch die Nagelung in seiner Ernährungsfunktion vom Markraum her gestört.

Wenn nun bei der Operation das Periost zu weit abgeschoben, bzw. abgehoben wird, so entsteht hier im Knochen eine unterernährte Zone, die durch ihre herabgesetzte Resistenz eine Ausbreitung der Infektion begünstigt. Außerdem fördert ein zu weites Abschieben des Periostes zusammen mit der sekundären Markschädigung durch die Nagelung die Sequesterbildung an den Frakturenden (15).

Auch die lokale Anwendung von Sulfonamid zusammen mit Novocain belastet die örtlichen Abwehrkräfte, da nach KIMMIG (zit. bei EHALT-16) dieses Anaestheticum die Wirkung des lokal angewandten Sulfonamids praktisch aufhebt, was von sich aus zu einer Infektionsausbreitung führt, da dann die schädigende Fremdkörperwirkung von Sulfonamidpulvern überwiegt.

Ist eine Infektion eingetreten, soll mit der Nagelung bis zur endgültigen Abheilung gewartet werden, da sonst durch die Keimverschleppung einer Ausbreitung der Infektion Vorschub geleistet wird.

c) Verlauf der Infektionen

Wenn wir den Verlauf der Infektionen eingehend betrachten, so ergeben sich Ähnlichkeiten, aber auch deutliche Unterschiede mit dem Verlauf der verschiedenen Formen der haematogenen Osteomyelitis. Das Hauptmoment dieses andersartigen Verlaufes der Osteomyelitis bei der Marknagelung sieht BÖHLER im Fehlen der wesentlichen Spannung: „Die akute Osteomyelitis ist das klassische Beispiel höchster Spannung, weil sich die Entzündung des Knochenmarkes in der völlig unnachgiebigen geschlossenen Markhöhle abspielt." Heftigste Schmerzen, Stase in den Gefäßen des Knochenmarkes wie des Knochens sind die Folge. Durch die Öffnung der Nageleinschlagstelle kommt es bei der Marknagelung nicht zu dieser gefährlichen Spannung.

Ähnlich der haematogenen Osteomyelitis hat die Erkrankung nach Marknagelung drei Verlaufsformen, die hier charakterisiert werden sollen.

Die erste Form, REICH (65) nennt sie lokale Ostitis im Frakturbereich, ist eine akut milde verlaufende Entzündung an der Bruchstelle ohne Beteiligung des Knochenmarkes.

Zweitens gibt es die subakut bis chronisch verlaufende Entzündung mit Beteiligung des Knochenmarkes. Nur diese Art der Erkrankung wird als Osteomyelitis nach Marknagelung bezeichnet. BÖHLER dagegen spricht von demarkierender Ostitis und berührt damit die Vorgänge im Innern der Knochenhöhle.

Die dritte Form, die akute totale Knochenmarkphegmone, ist in den Jahren seit Beginn der Behandlung mit Antibioticis nicht mehr genannt worden. Sie war wegen ihres letalen Ausganges mit Recht gefürchtet. BÖHLER, EHALT,

STOLZ, KRENZLEHNER haben solche Fälle beschrieben. Bei all diesen beschriebenen Fällen sind jedoch auffällige Sonderumstände berichtet, ja man muß sich fragen, ob es überhaupt selbst bei einer schweren Infektion zu einer totalen Phegmone kommen kann, da doch bei der Marknagelung jederzeit ein Abflußweg für den Eiter geschaffen ist. So sagt C. RITTER z. B. von den eitrigen Knochenschußverletzungen, es könne niemals zu einer akuten Markphlegmone kommen, und zwar bedingt durch die Kommunikation der Markhöhle mit der Außenwelt. Ähnlich liegen die Verhältnisse bei der Marknagelung. Ist die Kommunikation mit der Außenwelt bei der geschlossenen Nagelung nur durch die Einschlagstelle gegeben, so steht bei der offenen Marknagelung durch die Operationswunde im Bruchbereich ein weiterer Drainageweg offen.

Da kein Fall einer akuten Markphlegmone nach einer offenen Nagelung beschrieben ist, darf mit Recht angenommen werden, daß das akute Krankheitsbild, wie es der akuten haematogenen Osteomyelitis ähnelt, praktisch nicht vorkommt.

Bei der leichtesten Form, der o.a. Ostitis, greift die Infektion von den Weichteilen auf die Fraktur selbst über, bleibt aber auf den Bruchbereich beschränkt. Es kommt zu leichtem Fieber, wobei aber das Allgemeinbefinden des Patienten wenig gestört ist. Die Infektion heilt meist rasch ab, allerdings mit verzögerter Bruchheilung. Kleinere Sequester (65), von denen man oft schlecht sagen kann, ob es nicht bei der Fraktur entstandene Knochensplitter sind, lassen sich ohne Schwierigkeiten entfernen. Die Bruchheilung selbst ist die gleiche wie bei der glatt verlaufenden Bruchheilung.

Das zweite Krankheitsbild, chronische Osteomyelitis nach Marknagelung genannt, unterscheidet sich vom ersten schon durch seinen Beginn. Während die Ostitis localisata schon wenige Tage p.op. Fieberanstiege bewirkt, dauert es bis zum Beginn der Osteomyelitis 3—12 Wochen. Stufenförmiger Temperaturanstieg und Abszeßbildung im Bruchbereich sind die ersten Anzeichen der Erkrankung. Erst wenn die Entzündung, bzw. der Abszeß, trotz entsprechender Behandlung nicht restlos ausheilt, greifen diese auf den Markraum über. Bei nicht genügender Abflußmöglichkeit wandert der Eiter dem Nagel entlang zur Einschlagstelle und setzt hier einen weiteren Abszeß. Zwischen beiden Abszeßbildungen liegt oft ein Intervall von mehreren Wochen, in der subfebrile bis normale Temperaturen anzeigen, daß die Infektion noch nicht zum Stillstand und zur Abheilung gekommen ist. In dieser Zeit, zwischen erster und zweiter Abszeßbildung, kommt es meist zu Sequestrierung an den Frakturenden, wobei die sog. Ringsequester oder wenigstens Teile solcher Formen in Erscheinung treten. Die Sequester unterhalten meist eine geringe Eiterung. Erst nach ihrer Entfernung kommt die Entzündung zum Stehen, und die Knochenerkrankung heilt aus.

d) Pathologisch-anatomischer Umbau im Knochen

Komplizierter werden die Verhältnisse des Umbaus im Knochen, wenn eine Infektion nach der Marknagelung eingetreten ist, die nach Art der Infektion, ihrem zeitlichen Auftreten, nach Menge, Art und Virulenz der Erreger verschieden schwer verläuft.

Zunächst wird, wie auch bei der aseptischen Bruchheilung, der Nagel von einem Bindegewebsmantel umgeben. Dieses Bindegewebe ist immer stark von Leukocythen und Fibrin durchsetzt. Peripherwärts findet sich dann ein neugebildetes Granulationsgewebe und daran anschließend corticalwärts ein neugebildeter Markcallus, der jedoch nicht die Stärke und Festigkeit des bei der aseptischen Heilung auftretenden Callus erreicht.

An den Bruchenden bewirkt die Entzündung eine Annagung und Zähnelung des Knochens, die histologisch in Form eines Osteoblastenabbaus zu sehen ist (65).

Die periostale Callusbildung findet in gleicher Weise, wie oben dargelegt, statt, jedoch auch hier nicht in der Stärke des normalen Heilungsvorganges.

Je weiter man sich von der Frakturstelle nach proximal und distal entfernt, um so weniger werden Eiter und Fibrin im Nagelbett, um so deutlicher wird die bindegewebige Abgrenzung des Nagelbettes und um so intensiver die Bildung des Markcallus. Unmittelbar anschließend an die Kortikalis ist das Markgewebe unverändert. Das Periost ist in dieser Entfernung von der Fraktur verdichtet und zeigt ebenfalls eine gute Callusbildung.

Je größer nun der zeitliche Abstand vom Beginn der Infektion bis zur histologischen Untersuchung, um so deutlicher tritt hervor, daß die Entzündung hauptsächlich auf den Bruchbereich beschränkt und durch Granulationsgewebe vom übrigen Mark getrennt bleibt, d. h. daß entfernt von der Frakturstelle die Eiterung nur noch im Nagelbett zu finden ist, das Nagelbett bindegewebig abgegrenzt und das übrige Mark praktisch von der Infektion verschont ist. Mark und Periost zeigen, wenn auch verzögert, Callusbildung, während die Kompakta unverändert bleibt.

Das Ergebnis dieser Betrachtung ist, daß die eitrige Entzündung der offenen Fraktur in der Hauptsache auf die Bruchenden, dem engeren Frakturbereich und das Nagelbett beschränkt bleibt.

Durch Drainage des Nagels war hier jederzeit der Abfluß des eitrigen Sekretes gewährleistet. Diese und die dazutretende Abgrenzung des Nagelbettes bewirken, daß das übrige Markgewebe von der Entzündung nicht erfaßt wird. Die Beispiele hierfür lieferte schon HÄBLER (34) im Verlauf des vergangenen Krieges, wenn er Schußfrakturen bei drohender und schon eingetretener Infektion, u. U. sogar noch im Stadium der Sepsis nagelte, obwohl ihm zur damaligen Zeit noch keine Antibiotica zur Verfügung standen. Unstreitig haben hierbei die Ruhigstellung, die bessere Drainage und Pflege-

möglichkeit durch die Lagerung auf der Schiene anstatt in Gips ihr gutes Teil zu diesem Erfolg beigetragen. All dies ergibt, daß der Nagel zwar die Eiterung nicht verhindern kann, dafür aber der Beherrschung der Infektion günstige Bedingungen schafft.

Eine weitere Eigentümlichkeit der septischen Erkrankung des Knochens und seines Innenraumes nach Marknagelung ist das Auftreten der sog. Ringsequester. Durch den Frakturvorgang, das Bruchhämatom und die Eiterung wird das Periost im Bereich des Bruches auf eine größere Strecke als normal von der Unterlage abgehoben und fällt so für die Ernährung des Knochens aus. Desgleichen fällt aus o.a. Gründen und durch Zerstörung des Nagels das Knochenmark als ernährender Faktor aus. Die Kompakta im Bruchbereich, d.s. die Bruchenden werden nekrotisch und zeigen sich in der o.a. Sequesterform.

FISCHER und REICH (20) bezeichnen diese Ringsequester als typischen Nagelschaden.

Die wichtigste Erkenntnis jedoch ist, daß selbst bei massiver Eiterung die regenerativen Vorgänge nicht stillstehen, sondern trotz der Entzündung des Knochens, des Markes und des Periostes zwar verzögert werden, aber doch weiterschreiten.

e) Die Erreger der Knocheninfektion nach Nagelung

Als „der" Erreger der Osteomyelitis gilt im allgemeinen der Staphylokokkus aureus haemolyticus. Viele Beobachtungen und sorgfältige bakteriologische Untersuchungen haben die überwiegende Beteiligung dieses Erregers ergeben. Es werden immer Werte genannt, die zwischen 80—90% liegen.

Auch bei den Infektionen, die nach Marknagelung an der Chirurg. Klinik in München eingetreten sind, waren sie mit 83% beteiligt.

Bei den traumatischen Formen der Osteomyelitis können aber Erreger jeder Art in den Knochen eindringen. So stehen auch die Mischinfektionen mit 44,5% an erster Stelle, Infektionen, an denen neben Staph.aur.haem. die Erreger Staph.albus, Prot.vulgaris, Pyocyaneus, Klebsiella pneumoniae (Friedländer), Coli und einmal Salmonella Montevideo aus der Paratyphus-Enteritis-C-Gruppe zu finden waren. Als Monoinfektion waren die Staph.aur.haem. in 39%, Streptokokkus anhaemolyticus einmal (5,5%) und Proteus vulg. zweimal (11%) zu finden.

In einer Zeit, da man noch nicht genau zwischen pathogenen und apathogenen Staphylokokken unterscheiden konnte und Haufenkokken überall fand, wo man sie suchte, war die Lehre von der Ubiquität der Staphylokokken aufgekommen. Die Erkenntnis, daß ein guter Teil niemals als Erreger in Frage kommt, zwang zur Aufgabe dieser Vorstellung.

Heute haben sich in Spitälern, die reichlichen Gebrauch von Antibioticis machen, therapieresistente Staphylokokken eingenistet, die Quellen für Infektionen bilden und damit in erster Linie ein epidemiologisches Problem darstellen.

So berichtet DE WAAL (81), daß bei der Aufnahme in die Klinik nur 19% aller traumatischen Wunden infiziert waren, der Anteil unter der Behandlung jedoch auf 67—86% anstieg. HOWE (42) schätzt, daß die Infektionsquote in Krankenhäusern zwischen 15—40% liegt.

Im Gegensatz zu anderen pathogenen Kokken neigen die Staphylokokken zu einer ausgesprochenen Resistenzsteigerung. In der Klinik nisten sich die resistenten Keime ein, da jeder unter Antibiotica-Therapie stehende Patient praktisch einen Selektivnährboden für die gegen das betreffende Medikament widerstandsfähig gewordenen Staphylokokken darstellt und zudem eine nicht zu übersehende Kontaktmöglichkeit vorhanden ist.

Nach GRÜN (27) muß jede im Pflegedienst tätige Person als infiziert angesehen werden. Das Ausmaß des Auftretens resistenter Stämme ist von Klinik zu Klinik unterschiedlich und stellt gleichsam ein Spiegelbild des Antibioticaverbrauchs dar.

Nach KIKUTH und GRÜN (29) treten diese Spitalerkrankungen in vier Varianten auf:

1. In Form von Neubesiedlung, d. h. ein Kranker erwirbt erst während seines Krankenhausaufenthaltes den Infekt,
2. in Form von Superinfektion, wobei sich auf einen schon bestehenden Infekt Staphylokokken aufpfropfen und nun ihrerseits die Krankheit bedingen, bzw. verlängern,
3. die Besiedlung einer Staphylokokkeninfektion mit der gleichen Keimart, die aber einem anderen serologischen Typ oder einer anderen Phagengruppe zuzuordnen ist, und
4. die Besiedlung mit Staphylokokken anderer Chemo- und Antibioticaresistenzen.

Die im Krankenhaus erworbenen Infektionen mit oder ohne Wechsel des Erregertypes werden unter dem Begriff der „cross-infektion" zusammengefaßt. Im Rahmen der cross-infektion wird aber die Resistenz gegen alle uns bekannten Antibiotica geändert. Diese Eigenschaft ist aber kein erworbenes Charakteristicum. Neueste Forschungen zeigten, daß z. B. der weit verwendete Gebrauch von Penicillin die Zahl der empfindlichen Stämme zurückgedrängt und den Penicillase produzierenden Staphylokokken die Ausbreitung und das Übergewicht ermöglicht hat.

Die Erhebungen von HOWE (41 und 42) zeigen einen sehr deutlichen Anstieg postoperativer Wundinfektionen bis zum Jahre 1954 bei gleichzeitiger Zunahme der Staphylokokken als Wunderreger.

Es ist eigentlich ein Paradoxon der antibiotischen Aera, daß die hervorragenden Erfolge mit Infektionen therapieresistenter Stämme bezahlt werden müssen. Für den operativen Sektor muß allerdings berücksichtigt werden, daß die Eingriffe größer geworden sind und länger dauern. Dieser verstärkte Operationsstress dürfte infektionsbegünstigend wirken.

Die Bedeutung der einzelnen Ausbreitungswege wird unterschiedlich beurteilt. DEVENISH und MILES (12) beobachteten eine große Zahl von Wundinfektionen ausgehend von einem Operateur, der Träger pyogener Staphylokokken an den Händen war. Die Übertragung erfolgte offenbar durch den Handschuhsaft, in dem die Keime nachgewiesen werden konnten. 24% der Handschuhe waren bakteriendurchlässig.

HARRISON (36) fand, daß Staphylokokken von des Patienten Haut eine Infektion verursachten, wenn die praeoperative Reinigung der Haut unzulänglich war.

Für die aerogene Übertragung der Erreger in Form von Tröpfchen- und Staubinfektionen sprechen neuerdings namhafte Autoren (KIKUTH und GRÜN-21). Diese Möglichkeit der Infektion steht in Übereinstimmung mit den praktischen Ergebnissen der Infektionsbekämpfung. HART und Mitarbeiter (37) konnten mit ihren Ergebnissen einer Ultraviolettbestrahlung des Operationsraumes den Nachweis für die überragende Bedeutung der Luft als Träger pathogener Keime erbringen. SHOOTER und Mitarbeiter (75) kamen zu ähnlichen Erhebungen durch eine richtige Ventilation des Operationsraumes. Dieser wies einen leichten Überdruck auf und machte es der Klinikluft unmöglich, einzudringen. Die künstliche Belüftung sorgte darüberhinaus durch einen mehrfachen Luftwechsel für eine Verminderung der pathogenen Keime. Die Infektionshäufigkeit konnte durch diese Maßnahme auf 1/9 der ursprünglichen Zahl heruntergedrückt werden.

Weiter sollte die Sanierung der Keimträger durch desinfizierenden Nasenspray angestrebt werden. Entfernung aus dem Krankenhausmilieu und häufiger Aufenthalt in der frischen Luft begünstigen ebenfalls eine rasche Entkeimung (KLIEWE und ALBRECHT, 1956). Jedoch ist dies bei dem heutigen Mangel an Personal nicht möglich. Die ständige Überwachung des Personals durch Nasen-, Rachen- und Hautabstriche läßt sich durchführen. Es handelt sich hier in erster Linie um eine erzieherische Maßnahme; die Beteiligten sollen wissen, daß von ihnen Infektionen ausgehen können und sollen, soweit wie möglich, nicht nur bei Operationen, sondern auch bei anderen Handlungen, wie z. B. beim Verbandswechsel, Handschuhe und einen Nasen-Mundschutz tragen. Der Patient ist im Operationssaal nicht stärker gefährdet als früher.

Die wirksamste Waffe im Kampf gegen eine Ausbreitung therapiefester Staphylokokkenstämme dürfte jedoch die Einschränkung der Antibioticabehandlung auf die wirklich indizierten Fälle sein. DOWLING und Mitarbeiter (14)

wiesen nach, daß sowohl der Anteil der Träger resistenter Stämme als auch die Zahl der durch diese Keime verursachten Infektionen in direkter Relation zum Verbrauch dieser Mittel stehen.

Die Wirkung der Antibiotica macht sich auch bei bakteriologischen Untersuchungen kund, bei denen nur noch selten das klassische Bild des Staph.-eiters zu sehen ist, da die überwiegenden Eiterproben bereits unter dem Einfluß dieser Mittel stehen. Dieses Untersuchungsgut bietet dann häufig das Bild des „sterilen" Eiters, oder es finden sich pleomorphe Gebilde, manchmal von sehr kleiner Korngröße, zuweilen große aufgequollene Formen, nicht selten in Diplo- und Tetradenform. Da die spezifisch antibakterielle Behandlung auch zu einem Verlust der Gramfärbbarkeit führen kann (23), ist eine mikroskopische Diagnose vielfach unmöglich geworden. Das Untersuchungsgut erweist sich häufig nicht nur mikroskopisch, sondern auch nach 24stündiger kultureller Bebrütung als „steril". Ursache dieser vorgetäuschten Sterilität ist das Mitschleppen von Antibioticaspuren bei der Beimpfung der Nährböden, die noch zu Bacteriostase ausreichen. Ist das spezifische Mittel bekannt, so gelingt es in einigen Fällen durch Fermente, bzw. durch Antagonisten, die bakteriostatische Wirkung aufzuheben, z. B. durch Penicillase den Penicillineffekt oder durch Phenylalanin die Wirkung des Chloramphenicol.

Wenn MEESEN den Ausdruck „Pathologie der Therapie" prägte, so fallen Folgen der Chemotherapie mit darunter. Für den Chirurgen entsteht ein Sonderproblem dadurch, daß im Gegensatz zu Streptokokken (aber auch Pneumo- und Gonokokken), die meist empfindlich für die Chemotherapeutica bleiben, ausgerechnet die chirurgisch so bedeutsamen Staphylokokken gegen Penicillin, oft auch gegenüber Terra-, Aureo-, Achromycin und Tetracycline resistent werden.

Da sich durch die therapeutisch bedingte Ausmerzung empfindlicher und Auslese resistenter Staphylokokkenstämme, letztere gerade bei Ärzten, Schwestern und Pflegern häufiger finden, ist ein neues Problem in dem Sinne des Hospitalismus entstanden, daß Kranke in Kliniken vornehmlich pathogene Staphylokokken auflesen, die sie vorher nicht hatten, und die dazu noch therapieresistent sind. Dieser Staphylokokken-Hospitalismus gefährdet die Asepsis des Klinikbetriebes auf höchst lästige Weise.

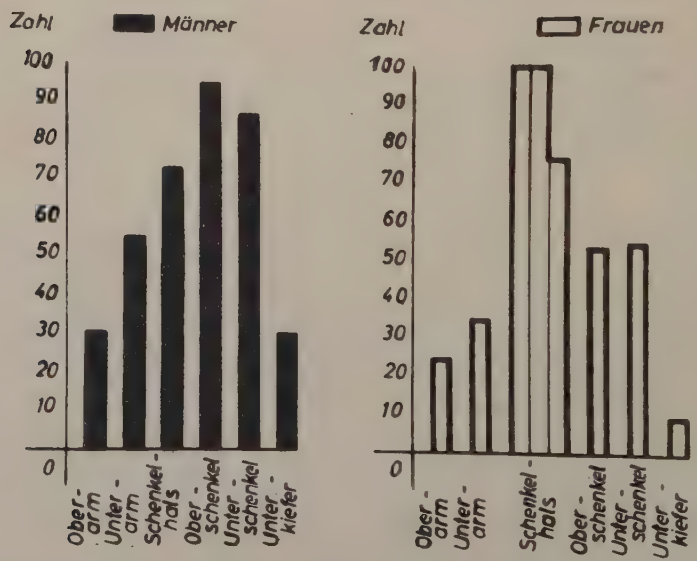
1. Überblick über Bruch- und Nagelungsarten

An der Chirurgischen Klinik in München wurden in der Zeit vom 1. 1. 1947 bis 31. 12. 1959 820 Nagelungen aller Art durchgeführt. In dieser Zahl sind alle Fälle erfaßt, bei denen ein Nagel in den Markkanal oder in axialer Richtung in den Knochen versenkt wurde.

Die Methode der Küntscher-Marknagelung fand bei 432 Brüchen langer Röhrenknochen Anwendung.

349mal wurde eine Schenkelhalsfraktur genagelt.

Die operative Behandlung mittels Nagel wurde am Unterkiefer 39mal vorgenommen.

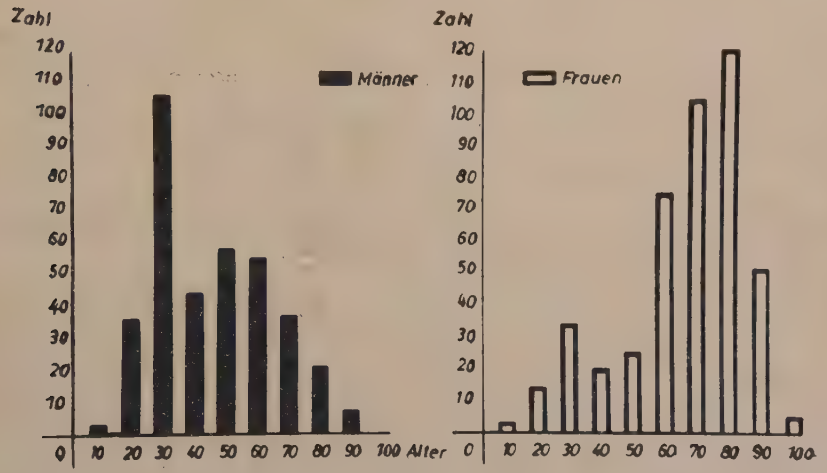


Tab. 1: Zahl und Lage der genagelten Brüche bei Männern und Frauen

Nagelungen:		geschl.	offen
Oberarm	54	13	41
Radius	60	9	51
Ulna	29	5	24
Oberschenkel	148	16	132
Unterschenkel	141	91	50
Schenkelhals	349	—	349
Unterkiefer	39	—	39

Tab. 2: Nagelungsarten der mittels Nagel behandelten 820 Brüche

Die primäre Marknagelung fand in 24 Fällen Anwendung: 19 bei geschlossenen und 5 bei komplizierten Brüchen.



Tab. 3: Zahl und Alter der Patienten

Die stationäre Behandlungsdauer aller durchbehandelten Fälle liegt im Durchschnitt bei 63,7 Tagen. Der durchschnittliche KH-Aufenthalt bei Nagelungen von Extremitätenfrakturen beträgt 51,2 Tage.

2. Überblick über die bei Nagelungen aufgetretenen Infektionen

Die Infektionsgefahr war einer der wichtigsten Gründe, die manchen Autoren dazu veranlaßte, die operative Behandlung von Knochenbrüchen abzulehnen. Heute sind die Erfahrungen mit dieser neuen Methode so groß, daß sich

Infektionen bei absoluter Beherrschung der Technik zum großen Teil vermeiden lassen.

Unter den 820 in unserer Klinik genagelten Brüchen kam es in 39 Fällen (= 4,75%) zu einer Infektion. 19 Fälle (= 2,3%) waren leichte Wundinfektionen, die eine Verzögerung der Bruchheilung nicht bewirkt haben und nur in einigen Fällen eine unbedeutende Verlängerung der Behandlungsdauer bedeuteten. 20mal verlief die Infektion jedoch als schwere Wundheilstörung mit Eiterung im Knochen oder gar im Knochenmark.

	Zahl d. Nagelg.	Leichte Infekt.	Schwere Infekt.	Proz.satz d. Infekt.
Oberarm	54	—	1	1,9%
Radius	60	3	—	5,0%
Ulna	29	—	—	—
Oberschenkel	148	2	7	6,1%
Unterschenkel	141	4	6	7,1%
Schenkelhals	349	10	5	4,3%
Unterkiefer	39	—	1	2,6%
Sa.	820	19 = 2,3%	20 = 2,4%	

Tab. 4: Verhältnis der Infektionen zu den Nagelungen der einzelnen Gliedabschnitte

Bei 432 Marknagelungen der langen Röhrenknochen kam es in 23 Fällen (= 5,3%) zu einer Infektion. Von diesen verliefen 9 (= 2,1%) als leichte Wundheilstörung und 14 (= 3,2%) in Form einer Ostitis oder Osteomyelitis.

3. Infektionen nach geschlossener Nagelung frischer geschlossener Schaftbrüche

Da bei der gedeckten Marknagelung nur ein kleiner Einschnitt zur Einführung des Nagels erforderlich ist, mußte die Infektionsgefahr gering, vor allem eine Eiterung am Bruchspalt vermeidbar sein.

Bei den in der Klinik vorliegenden 116 geschlossenen Marknagelungen frischer geschlossener Schaftbrüche sind 2 Eiterungen (= 1,8%) aufgetreten, und zwar bei einem Radius und einem Unterschenkel. Beide waren nur leichte Wundheilstörungen; der Bruchspalt wurde von der Infektion nicht ergriffen.

Diese Ergebnisse stimmen mit den Erfahrungen KÜNTSCHERS überein, der ausdrücklich betont, es sei bei geschlossenen Brüchen in keinem Fall zu einer Infektion des Bruchspaltes oder Markes gekommen.

Der Prozentsatz ist an sich nicht hoch. Er liegt niedriger als bei aseptischen Operationen anderer Art.

Bei BÖHLER (5) kam es bei 304 in Gipsverband behandelten frischen geschlossenen Unterschenkelbrüchen 10mal zu einer leichten Infektion, d. s. 3,3%. Zusätzlich gerechnet mit den Hautnekrosen und Druckgeschwüren liegt die Infektionszahl bei 3,9%.

Bezogen auf die 76 frischen geschlossenen Unterschenkelbrüche, die in unserer Klinik geschlossen genagelt wurden, liegt hier bei einer eingetretenen Infektion der Prozentsatz mit 1,3% bedeutend niedriger.

4. Infektionen nach offener Nagelung frischer geschlossener und komplizierter Brüche

Mit der Eröffnung der Bruchstelle, d. h. blutigen Einrichtung des Bruches, wurde die Marknagelung zu einem ausgesprochen operativem Verfahren, bei dem von vorneherein mit einer größeren Infektionsgefahr zu rechnen ist. Daß aber die Gefahr einer Infektion doch nicht sehr groß ist, zeigen die Ergebnisse der Chirurg. Klinik in München.

Hier wurden 144 offene Nagelungen frischer geschlossener Brüche durchgeführt. Danach sind 4 Infektionen (= 2,8%) eingetreten. Davon verlief nur eine als schwere Heilstörung in Form einer Ostitis im Bruchbereich.

	Oberarm		Radius / Ulna				O-Schenkel		U-Schenkel					
Bruch- und Nagelungsarten	Nag.	Inf.	Nag.	Inf.	Nag.	Inf.	Nag.	Inf.	Nag.	Inf.	Zahl d. Nagelg.	Zahl d. Infekt.	1 %	2 %
Geschl. frische Brüche Geschl. Nagelung	15		7	1	3		15		76	1	116	2	1,7	8,7
Geschl. frische Brüche Offene Nagelung	22		22	2	11		79	2	10		144	4	2,8	17,4
Veraltete Brüche Geschl. Nagelung			1		2				5		8			
Veraltete Brüche Offene Nagelung	14		22		9		48	6	28	4	121	10	8,3	43,5
Kompliz. Brüche Geschl Nagelung			1				1		10	1	12	1	8,3	4,3
Kompliz. Brüche Offene Nagelung	3	1	7		4		5	1	12	4	31	6	19,4	26,1
Summa	54	1	60	3	29		148	9	141	10	432	23		100%

Tab. 5: Verhältnis der Infektionen zu den Bruch- und Nagelungsarten
1 = Prozentsatz der Infektionen, berechnet auf die Zahl der Nagelungen
2 = Verhältnis der Infektionen untereinander

Zunächst fällt auf, daß die bei veralteten Brüchen des Ober- und Unterschenkels vorgenommenen Marknagelungen eine hohe Infektionsquote, 43,5% aller bei Nagelung langer Röhrenknochen eingetretenen Infektionen, zur Folge hatten. In dieser Gruppe der veralteten Brüche sind vor allem Pseudarthrosen, Osteotomien und in schlechter Stellung geheilte Brüche.

Es wurde bei der Nagelung versucht, die anatomischen Verhältnisse möglichst genau wiederherzustellen und besonders Verkürzungen auszugleichen. Dazu gibt der Marknagel ausgezeichnete Möglichkeit, wenn man den Knochen in der alten Bruchlinie durchtrennt.

Aber gerade bei lang geheilten Brüchen ist dies schwierig. Wohl sieht man im Röntgenbild die alten Konturen noch lange Zeit, aber nach Freilegung des Knochens hat man eine fast homogene Masse, meist sehr hart, vor sich, an der eine Grenze zwischen altem und neuem Knochen nicht mehr zu erkennen ist. Wenn dann nach mühseliger Arbeit der Knochen wenigstens ungefähr in der alten Linie durchtrennt ist, findet man nur sehr schwer an den Enden die Markhöhle. Es gilt dann einen Kanal für den Nagel zu schaffen, der sich oft genug im Callus so verklemmt, daß er kaum vor- noch zurückgeschlagen werden kann. So dauert der Eingriff u. U. stundenlang und zahlreiche Röntgenaufnahmen werden notwendig. Das alles gefährdet die Asepsis auf's höchste.

War der Bruch schon längere Zeit fest und machte die Auffindung und Durchtrennung der alten Bruchlinie Schwierigkeiten, wurde der Knochen nur soweit reseziert, daß die Flächen sich genügend berührten und wenigstens noch die Enden der Markhöhle eröffnet waren.

Vorteile bringt der Nagel trotzdem gegenüber anderen Methoden, denn die Resektion kann sparsamer sein, man vermeidet langdauernde fixierende Verbände, und die Bewegungstherapie kann frühzeitig begonnen werden. Die Schonung der Knochenhaut, das Verbleiben des Callus als wertvolles Aufbaumaterial in der Nähe der Bruchstelle und die für die Bruchheilung günstigen mechanischen Verhältnisse bei der stabilen Osteosynthese sind Vorteile, die die Marknagelung bei schief geheilten Brüchen allen anderen Methoden überlegen sein lassen.

Die zweithöchste Infektionsquote mit 26,1% geht zu Lasten infizierter offener Brüche. Es waren diese meist Verkehrsunfälle mit schwersten Weichteilverletzungen.

Bei frischen offenen Brüchen ist für das Heilergebnis ausschlaggebend, ob eine primäre Wundausschneidung möglich ist. In unseren Fällen konnte sie wegen der Ausdehnung und Tiefe der Wunden nicht immer exakt ausgeführt werden.

Grundsätzlich wurde in unserer Klinik die Wunde neben ausgiebiger Drainage breit offen gelassen, wenn bereits Zeichen beginnender Infektion vorlagen. Bestanden schon Eiterung und Fieber, wurde zunächst auf die Nagelung verzichtet.

Der Nagel stellt zwar den Knochen, nicht aber die Weichteile ruhig. Deshalb wurde nach der Nagelung auch das Bein ruhiggestellt. Die Lagerung war so, daß das Drain in der Wunde tiefster Punkt war. In der Wunde austretendes Sekret wird leicht an dem wie ein Drain wirkenden Nagel nach der Einschlagstelle abfließen und u. U. die Infektion dorthin ableiten.

5. Verlauf der Infektionen

a) Der Verlauf leichter Wundheilstörungen

Der Verlauf der Infektionen ist bestimmt von der Beschaffenheit des Gewebes am Operationsgebiet, der Ausdehnung der begleitenden Gewebsverletzungen durch die Fraktur. Er ist zusätzlich noch durch die Gewebsverletzungen durch den Eingriff selbst bedingt, ebenso durch Art und Menge der eingedrungenen Erreger. Diese Faktoren prägen das jeweilige Krankheitsbild.

Dementsprechend Fieber bei sich ausbildendem Abszeß an der Nageleinschlagstelle. Ausgangsort der örtlichen Wundheilstörungen war in allen Fällen entweder die bei der Operation gesetzte Wunde oder infiziertes Gewebe offener Brüche. Die Ursachen leichter Infektionen liegen häufig in Schwierigkeiten bei der Nagelung. Auch der Druck des Nagels, der dicht unter der Haut lag, ebenso der Druck des Gipsverbandes gegen das Nagelende bewirkten zwei lokale Eiterungen an der Einschlagstelle. Bei einer pertrochanteren Fraktur kam noch eine weitere Komplikation dazu, daß eine sekundärer Kopfnekrose und Versteifung des Hüftgelenkes infolge akuter Coxitis entstanden ist. Die örtliche Infektion ist erst gegen Ende der Behandlungszeit eingetreten. Sie vermochte auf das Endergebnis keinen Einfluß mehr auszuüben.

Bei einer komplizierten Zertrümmerungsfraktur des Unterschenkels mußte die sekundäre Amputation ausgeführt werden.

Sch. J., 24 Jahre.

Am 23. 12. 51 geriet die Patientin unter die Straßenbahn. Dabei wurde der linke Unterschenkel abgequetscht. Am rechten erlitt sie einen schweren offenen Zertrümmerungsbruch. Die chirurgische Versorgung erfolgte wenige Stunden später, ebenso die primäre offene Nagelung.

In der Folgezeit eiterten die Wunden am Unterschenkel. Die Eiterung hatte jedoch keine Verbindung in die Tiefe mit dem Knochen.

Am 9. 4. 52 mußte das Bein amputiert werden. Die Amputation war Folge der schweren Verletzungen durch den Unfall, nicht der Infektion. Auch im histologischen Präparat aus dem amputierten Unterschenkel wurden keine Zeichen einer Knocheninfektion gefunden.

In allen anderen durchbehandelten Fällen brachte die Infektion keine Störung der Bruchheilung. Auch die Behandlungsdauer wurde nur in einigen Fällen geringfügig verlängert.

b) Verlauf der Ostitis

Die Beobachtung über den Verlauf der Knocheninfektion nach der Marknagelung ergab ein Krankheitsgeschehen, wie es sonst bei vereiterten Brüchen

nicht vorzukommen pflegt. Wesentlich erscheint die Tatsache, daß das Knochenmark je nach Menge und Virulenz der Erreger in der Umgebung des Nagels infiziert werden kann, wodurch es bei milder, subakut verlaufender Entzündung zu Abszeßbildung an der Bruchstelle mit lokaler Ostitis kommen kann.

Bei vereiterten Brüchen blieb die Entzündung 6mal auf bruchnahe Bezirke des Markes beschränkt.

Es entstand also das Bild der lokalisierten Ostitis. Die Infektion greift von der Bruchstelle, bzw. vom vereiterten Bruchhaematom auf den Knochen über und bleibt auf den Bruchbereich, d. h. die Bruchenden begrenzt.

Als Besiedlungsorte für die Erreger kommen Weichteilwunde, Bluterguß und Knochennekrose in Frage, die durch Fehlen des Periostes entstehen und einen guten Nährboden für das Wachstum der Keime abgeben.

	Zahl d. Nagel.	Lok. Inf.	Ostitis	Osteo-myel.	%
Oberarm	54	—	1	—	1,9%
Radius	60	3	—	—	5,0%
Ulna	29	—	—	—	—
Oberschenkel	148	2	1	6	6,1%
Unterschenkel	141	4	1	5	7,1%
Schenkelhals	349	10	2	3	4,3%
Unterkiefer	39	—	1	—	2,6%
Sa.	820	19	6	14	4,75%

Tab. 6: Verhältnis der Infektionsarten

Im Verlauf einer Eiterung bei Ostitis kommt es zu leichtem Fieberanstieg, jedoch zu keiner wesentlichen Beeinträchtigung des AZ. Die Heilung wird durch das Auftreten von Sequestern verzögert. Im Endresultat gib es keinen Unterschied zu glatten Heilung.

Im Röntgenbild sieht man einen entzündlich bedingten Abbau an den Bruchenden, der nicht stärker ist als bei sonst infizierten Brüchen. Kleine Sequester werden vom Knochen abgestoßen. Nach der meist leichten Entfernung der Sequester erfolgt rasche Abheilung. Ringförmige Sequester treten bei dieser milden Verlaufsform nicht auf.

Die Eiterungen verlaufen nie so stürmisch, daß akute Lebensgefahr besteht. In unseren Fällen sind zwar zwei Todesfälle bei Ostitis nach Schenkelhalsnagelung zu beklagen. Sie stehen aber nicht in direktem Zusammenhang mit der Eiterung. Die 84-, bzw. 64jährigen Patienten erlagen während der langen Krankheit dem Herz- und Kreislaufversagen. Bei letzterer Patientin

lagen noch die zusätzlichen Komplikationen einer Tabes dorsalis und Gefäßlues vor. Die Infektion nahm bei dieser Patientin ihren Ausgang von dem Bohrkanal für die Extension. Hier entwickelte sich die Ostitis localisata am distalen Femurende im Bereich des Bohrloches. Die Operationswunde am Schenkelhals war p.p. geheilt.

Die eine Ostitis des Unterkiefers, die als Spätkomplikation ein halbes Jahr p.op. aufgetreten war, heilte nach Entfernung eines kleinen Sequesters innerhalb kürzester Zeit. Die Kautätigkeit war durch die Eiterung nie ernsthaft gestört.

Die längste Behandlungsdauer, bei einer Knocheninfektion eines offenen Oberarmbruches, betrug 151 Tage. Die Gebrauchsfähigkeit des Armes ist infolge Einschränkung der Beweglichkeit im Ellbogengelenk auf die Hälfte stark vermindert.

Das Endergebnis aller durchbehandelten Fälle war immer die Heilung des Bruches. Die Brüche sind in der gewünschten achsengerechten Stellung ohne, bzw. ohne wesentliche Einschränkung benachbarter Gelenke geheilt.

c) Verlauf der Osteomyelitis

Die Infektion griff in diesen Fällen von der Bruchstelle auf den Nagelkanal in seinem, z. T. ganzen Verlauf über. Die Eiterung läuft so gut wie immer am Nagel entlang. Der Markkanal beteiligt sich in der Länge des Nagels an der Entzündung. Es entsteht eine demarkierende Entzündung des Markes um den Nagel.

Diese Art der Entzündung war bei ausgesprochen schweren komplizierten Schaftbrüchen zu beobachten. Man kann sagen, daß die Ausdehnung der Verletzung am Knochen und Weichteilen in einem direkten Verhältnis zur Schwere dieser Infektion und ihren Folgeerscheinungen steht.

Unter den 14 Osteomyelitiden unseres Krankengutes waren 4 schwerste offene Frakturen: 2 Bergwerkunfälle, bei denen eiserne Loren schwere Weichteilverletzungen verursacht hatten (Ober- und Unterschenkel), ein Verkehrsunfall (Unterschenkel) mit mehrfachen Brüchen an anderen Gliedmaßen und eine Explosionsverletzung mit zahlreichen Eisensplittern in den umgebenden Muskeln. In keinem dieser Fälle konnte eine befriedigende Wundausschneidung durchgeführt werden.

Sieben Infektionen waren Folgen von Operation veralteter Brüche (3 Osteotomien, 2 Pseudarthrosen, 2 in schlechter Stellung geheilte Brüche). Der Eingriff war immer recht schwer. Bei einem Oberschenkelbruch kam es bei der Nagelung noch zu einer pertrochanteren Fraktur, die mit zwei Drähten fixiert wurde.

Zwei Knocheneiterungen waren Spätkomplikationen. Bei einer Schenkelhalsfraktur trat sie 1½ Jahre p. op. in Form einer chronischen Osteomyelitis des oberen Femurschaftes auf. Während der stationären Behandlungszeit bei der Nagelung waren keinerlei Anzeichen einer Entzündung, weder klinisch noch röntgenologisch, verzeichnet worden.

Die zweite Osteomyelitis als Spätkomplikation kam erst 5 Jahre nach offener Nagelung einer geschlossenen Oberschenkelfraktur zum Vorschein. Die Eiterung ging von den Drähten aus, die zusätzlich bei der Nagelung des gesplitterten Bruches angelegt worden waren. In der Nagelumgebung waren keine entzündlichen Veränderungen zu erkennen. Im Anschluß an die Nagelung war zwar eine erhebliche Weichteileiterung aufgetreten, aber Zeichen einer Knochenbeteiligung waren nicht vorhanden.

Die typische Knochenmarkseiterung trat meist erst 3 Wochen nach der Nagelung in Erscheinung. Dieser ging eine Abszeßbildung im engeren Bruchbereich voraus. Schritt die Entzündung trotz intensiver Behandlung weiter, so wurde auch der Markraum ergriffen. War die Eiterung stark und der Abfluß des Eiters aus der Bruchstelle gering, dann bahnte sich der Eiter einen zweiten Ausweg zur Nageleinschlagstelle. Zwischen diesen Abszeßbildungen war mindestens ein Intervall von 6 Wochen gelegen.

Einen stürmischen Verlauf nahm die Eiterung bei zwei schwer infizierten offenen Brüchen. Hierbei entwickelten sich ausgedehnte Markabszesse, jedoch keine totale Markphlegmonen. Der Grund für die Ausdehnung des Prozesses liegt wohl darin, daß hochvirulente Erreger schon beim Bruchgeschehen das Knochenmark besiedelt hatten, bevor Nagel und Markkanal von einem Bindegewebsmantel umgeben waren.

Die restlichen Eiterungen, deren Verlauf ein mehr subakut-chronischer war, blieben auf bruchnahe Bezirke beschränkt. Im engeren Bruchbereich setzten stärkste entzündlich bedingte Abbauvorgänge ein. Große, allseitig angenagte Sequester mußten wiederholt entfernt werden.

Die Knochenmarkseiterung hatte einen letalen Ausgang zur Folge. Die Patientin erlag 3 Monate p. op. einer allgemeinen Infektion und Intoxikation.

K. L., 19 Jahre. Kein krankhafter Befund.

2. 2. 47 Geschlossener Bruch des Oberschenkels.

10. 4. Offene Marknagelung, die wegen mangelnder Callusbildung und ungenügender Festigkeit des Bruches durch die Drahtextension notwendig wurde.

Bei der Nagelung tritt eine pertrochantere Fraktur auf. Die Entfernung des Nagels ist nicht möglich, da es zum Bruch des Zieh-instrumentes kommt. Ein Ersatzstück ist nicht vorhanden. Der Nagel wird unter achsengerechter Stellung in die Markhöhle eingeschlagen, ein abgesprengtes Fragment mit 2 Drahtschlingen

fixiert. Die Einstellung der pertrochanteren Fraktur erweist sich als sehr schwierig. Deshalb wird ein vom Trochanter ausgesprengtes Stück entfernt.

2 Stunden p. op. plötzlich schwerster Kreislaufkollaps. Nachts noch mehrmals Kollapszustände.

13. 4. Temperaturanstieg auf 39. Eleudronstoß.

17. 4. Linke Tonsille vergrößert und gerötet, kleine Stippchen.
Heilung der Operationswunde p. p.

20. 4. 47 Rö.: In den Weichteilen des Trochanter minus einige kleine Gasblasen als Aufhellung sichtbar.
Klinisch kein Anhalt für einen entzündlichen Vorgang, obwohl die Temperatur hoch geblieben ist.

22. 4. Die Revision der Wunde ergibt keinen Anhalt für einen entzündlichen Prozeß.

23. 4. Nachts plötzlich Perforation eines tiefen Abszesses im proximalen Teil der Narbe.
Massenhaft dünnflüssiger Eiter.

24. 4. Incision auf Handbreite. Faustgroße Abszeßhöhle im Bereich des Bruches. Massenhaft Eiter.
Im Abszeßeiter: Staph. aur. haem.

6. 5. Rö.: Osteomyelitis des Schenkelhalses.
Bisher starke Sekretion. Temperatur abgesunken.
Im Eiter: Pyocyaneus.

4. 6. Penicillin-Injektion: 2 stdl. 20 000 E i. m., insgesamt 5 Tage lang 1 Mill. E.
(Penicillin von Angehörigen besorgt, 1947!)

9. 7. Bisher Temp. über 37. AZ schlecht. Schmierig belegte Wunde, reichlich Sekretion.

9.—15. 7. Penicillin: 2 stdl. 20 000 E.

15. 7. Schenkelkopfresektion.

16.—19. 7. Penicillin: 4 stdl. 40 000 E.

21. 7. 47 EX

Sektionsbefund: Oberschenkelbruch und pertroch. Fraktur.
Osteomyelitis des Schenkelhalses und -kopfes. Allgemeine Infektion und Intoxikation.

Eine Pseudarthrose der Tibia wurde operativ durch Nagelung und Spanverpflanzung behandelt. Im Anschluß an diesen Eingriff kam es zur Osteomyelitis an den 3 Drähten, und zwar nacheinander. Die Eiterung um den zweiten Draht setzte erst einige Zeit nach Entfernung des ersten Drahtes ein, von

dem die Eiterung ihren Ausgang genommen hatte. Sie hörte erst 4 Monate nach Entfernung des letzten Drahtes auf. Die Umgebung des Nagels war in seinem ganzen Verlauf stets von jeder entzündlichen Veränderung frei. Infolge der Eiterung ist auch der implantierte Span gebrochen. Die Pseudarthrose konnte mit dieser Behandlungsmethode nicht geheilt werden.
Wichtig erscheint die Tatsache, daß auch bei massiver Eiterung die regenerativen Vorgänge weitergingen; sie wurden lediglich durch die Entzündung des Knochens, des Markes und des Periostes verzögert.
Die Konsolidierung des Bruches wurde mit Ausnahme des o. a. Tibiabruches stets erreicht. Damit war zwar die Hauptforderung der Knochenbruchbehandlung erfüllt, aber das Ergebnis im ganzen unbefriedigend.
9 Patienten mit Osteomyelitis nach Marknagelung konnten nachuntersucht werden.
Frische Osteomyelitisherde konnten nicht gefunden, in einem Fall (Unterschenkel) aber auch nicht mit Sicherheit ausgeschlossen werden. 5 Patienten leiden jedoch an chronischer Osteomyelitis mit zeitweiliger Fisteleiterung.
Die stärksten Verkürzungen fanden sich bei 2 ehemaligen Unterschenkelbrüchen. Sie betragen 5 bzw. 6 cm. Beim letzten Fall bestand auch an der nicht genagelten Tibia des anderen Beines, das beim Unfall einen geschlossenen Trümmerbruch erlitten hatte (am genagelten Bein bestand eine offene Trümmerfraktur), eine Verkürzung von 4 cm. Eine weitere starke Verkürzung wurde bei einem Oberschenkel gemessen. Sie beträgt 3,5 cm: Alle anderen liegen unter 2,5 cm. 3 Patienten hatten überhaupt keine Verkürzung.
Die Stellung des knöchern geheilten Bruches war nur bei dem o. a. Unterschenkel sehr unbefriedigend. Hier besteht eine Verschiebung des distalen Fragmentes um $^2/_3$ Schaftbreite nach medial mit Varusknickung und Einwärtsdrehung um 10°.
In den anderen Fällen ist die Stellung des Gliedes eine wenigstens annähernd achsengerechte.

6. Marknagelung bei bestehender Osteomyelitis

Bei eiternden Brüchen bewirkt die vollkommene Ruhigstellung durch den Nagel und die damit erreichte Schmerzlosigkeit einen günstigen Einfluß auf den AZ und die Eiterung selbst. Die Möglichkeit, das Glied bewegen zu können, erleichtert die Pflege und Beobachtung der Wunde und schützt den Kranken vor einer hypostatischen Pneumonie.
Unerläßliche Voraussetzung ist die Erreichung einer stabilen Osteosynthese. Schonendes Operieren und breites Offenlassen aller Wunden sind notwendig. Um eine Keimverschleppung zu verhindern, werden Nagel und Spieß nicht von der Wunde, sondern wie bei der geschlossenen Nagelung eingeführt.
In unserer Klinik wurden 6 Brüche im Stadium der Knocheneiterung genagelt.

	Indikation z. Nagelung	Zustand vor d. Nagelung	Zustand nach d. Nagelung	End-zustand
1	Arthrodese d. Kniegelenkes nach mißlung. Würfelplastik	Starke Eiterung aus der Tiefe d. Kniegelenkhöhle	Starke Eiterung, weiterschreitend zum Troch.maior. Sequesterbildung in d. Kniegelenkhöhle	Amputation
2	Refraktur	Ostitis im Bruchbereich	Aufflackern der Eiterung, leichte Osteomyelitis. Sequester heilt wieder ein	Osteomyelitis abgeheilt. Fraktur fest.
3	Mißlung. konserv. Therapie. Bruch in schlechter Stellung	Leichte Eiterung	Nachlassen der Eiterung. 2 Monate p.op. Aufhören der Eiterung	Osteomyelitis abgeheilt. Pseudarthrose

Tab. 7: Marknagelungen eiternder Brüche am Oberschenkel

4	Mißlung. konserv. und op. Therapie (Phemister)	Leichte Eiterung	Schnell frische Granulationen. Nachlassen der Eiterung. Sequester	Chron. Osteomyelitis im Bruchbereich. Bruch fest
5	Mißlung. kons. Ther. Bruch in schlechter Stellung	Leichte Eiterung	Starke Eiterung, weiterschreitend zur Tuberositas tibiae. Sequesterbildung	Osteomyelitis abgeheilt. Bruch fest
6	Mißlung. kons. Ther. Beginnende Pseudarthr. in Fehlstellung	Leichte Eiterung	Leichte Eiterung vor und nach der Nagelung	Fortbestehende leichte Osteomyelitis im Bruchbereich. Bruch fest

Tab. 8: Marknagelungen eiternder Brüche am Unterschenkel

Daß eine wirklich stabile Osteosynthese conditio sine qua non sein muß, zeigen die Fälle 1 und 5, bei denen die Eiterung wegen mangelnder Fixierung zur Nageleinschlagstelle weitergewandert ist. Auch durch leichte Wackelbewegungen wird infektiöses Material in die Spalten zwischen Nagel und Knochen gepreßt. Auf diese Weise wird der Weg zur weiteren Ausdehnung der Entzündung und Eiterung geebnet.
Aus diesem Grunde muß die Nagelung zur Versteifung eines vereiterten Gelenkes abgelehnt werden, da die angrenzenden Gliedabschnitte durch die Nagelung nicht absolut ruhiggestellt werden können, so daß jede Bewegung des Nagels im Knochen unmöglich wird.

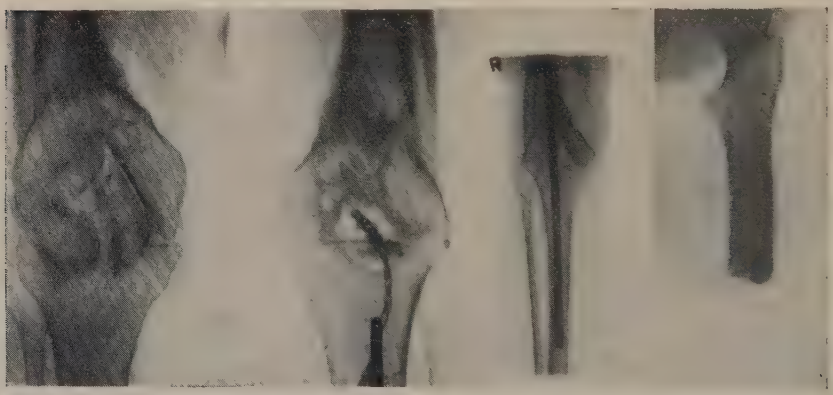


Abb. 1: 1. Bild: Osteomyelitis der Kniegelenkhöhle
2. Bild: nach Würfelplastik
3. Bild: Marknagelung zur Versteifung des vereiterten Kniegelenkes. In der Folgezeit Übergreifen der Eiterung auf den Oberschenkelknochen. Kniegelenkresektionsstelle festknöchern verheilt, aber ständig starke Eiterung aus der Markhöhle.
4. Bild: 1 Jahr p. op. Amputation.

Daß es bei solchen Brüchen zur Abstoßung von Sequestern kommt, ist verständlich und auch bei konservativer Behandlung nicht zu vermeiden.
Daß aber bei guter Fixierung der Fragmente eine schnelle Besserung des eiternden Bruches erzielt werden kann, zeigen die restlichen 4 Fälle. Die Stellung der durchbehandelten und geheilten Brüche ist recht zufriedenstellend. Wesentlich ist bei diesem verantwortungsvollen Eingriff, daß die Fortleitung der Infektion in die Markhöhle vermieden wird, wenn die Osteosynthese stabil ist.
Bei weiteren 6 Brüchen wurde die Nagelung nach vorausgegangener, aber abgeheilter Osteomyelitis ausgeführt. Der postoperative Verlauf unterschied sich in keiner Weise von dem normalen, infektionsfreien.

7. Behandlungsergebnisse nach Marknagelung von Oberarmbrüchen

Für die stabile Osteosynthese gibt es beim Oberarm gewisse Schwierigkeiten, da das Lumen des Markrohres stark variiert. Der Nagel sitzt deshalb nicht überall gleich gut formschlüssig an.

In unserer Klinik wurde bei 54 Brüchen des Oberarmes die Marknagelung ausgeführt: 15mal geschlossen und 39mal offen bei 49 geschlossenen und 5 offenen Brüchen.

Nagelungsart:	Geschl.	Offen	Infekt.
Geschl. Fraktur	15	22	—
Veralt. Fraktur	—	14	—
Kompl. Fraktur	—	3	1
Sa.	15	39	1 = 1,9%

Infektionen: eine Ostitis = 1,9%

Durchschnittliche Behandlungszeit: 39,1 Tage

Tab. 9: Behandlungsergebnisse der 54 Oberarm-MN

Ein Todesfall ist zu beklagen. Ein 71jähriger Patient erlag einen Tag p.op einer Coronarinsuffizienz bei ausgedehnter Metastasierung eines Dickdarm-Ca in die Aorta und in andere Körperregionen. Es war die geschlossene Nagelung eines frischen geschlossenen Bruches vorgenommen worden.

Der durchschnittliche Krankenhausaufenthalt der 53 durchbehandelten Fälle liegt bei 39,1 Tagen. Vergleichsstatiken mit konservativer Methode liegen nicht vor. Die Behandlungszeit nach Marknagelung beträgt bei HÄBLER (34) 41 Tage bei frischen geschlossenen und 58 Tage bei frischen offenen Brüchen. Bei einem komplizierten Bruch ist eine Infektion, die einzige nach Nagelung von Oberarmbrüchen (= 1,9%), in Form einer Ostitis an der Bruchstelle eingetreten. Die Behandlungsdauer dieses Falles währte 151 Tage. Ostitis und Bruch sind während dieser Zeit ausgeheilt; an den Handwurzeln entwickelte sich aber ein Sudeck II. Diese war die einzige dystropische Knochenerkrankung nach Behandlung von Oberarmbrüchen mittels Marknagel. Die Stellung der geheilten Fraktur ist eine achsengerechte.

Unter den 14 veralteten Brüchen waren 6 Pseudarthrosen. Diese bestanden seit 3 Monaten bis 2 Jahren. Eine war vor der Nagelung erfolglos konservativ und operativ durch Spanverpflanzung angegangen worden. Auch durch die Marknagelung konnte sie nicht behoben werden. Die Ursache des Fehlschlagens jeglicher Therapie liegt wohl darin, daß sich infolge totaler Radialis- und Ulnarislähmung während der ganzen Behandlungszeit kein Callus gebildet hat. Alle anderen Pseudarthrosen heilten in kurzer Zeit aus. Eine

2. Pseudarthrose nach Marknagelung eines frischen geschlossenen Bruches wurde durch mangelnde Fixierung und Drehung des Nagels verursacht. Eine Spanverpflanzung brachte die Heilung.

Zur Dislokation der genagelten Fraktur führte die frühzeitige Belastung des Armes. Der Patient hatte kurze Zeit nach der Nagelung wiederholt sein Körpergewicht auf die Arme abgestützt. Dadurch lockerte sich der Nagel und rutschte nach distal. Eine zweite Nagelung mit korrekter Nachbehandlung führte zur komplikationslosen Heilung (s. Abb. 2).

Abb. 2: 1. Bild: Fraktur am Tage der Aufnahme

2. Bild: Fraktur am Tage der Nagelung. Gute Fixierung der Fragmente.

3. Bild: 2 Monate p. op. Dislokation durch frühzeitige Belastung.

4. Bild: Ein Tag nach der 2. Nagelung. Wiederum gute Fixierung der Fragmente, die zur Heilung führt.

Alle Brüche sind in achsengerechter Stellung ohne Einschränkung der freien Beweglichkeit benachbarter Gelenke geheilt, bzw. ist bei veralteten Brüchen eine Verschlechterung der Gelenkfunktion durch die Nagelung nicht eingetreten.

Es läßt sich also feststellen, daß die Marknagelung des Oberarmschaftbruches erhebliche Vorteile gegenüber anderen Methoden aufzuweisen hat und eindeutig gute Ergebnisse erzielt.

8. Behandlungsergebnisse nach Marknagelung von Vorderarmbrüchen

Brüche im Schaftteil beider Vorderarmknochen rutschen im einfachen Gipsverband leicht ab, wenn es sich um Schräg- oder Splitterbrüche handelt, ebenso isolierte Schrägbrüche des Radius. Sie werden deshalb meist operativ mit Drahtnähten oder Platten versorgt. Bei diesen Behandlungsmethoden ist aber stets ein zusätzlicher Gipsverband notwendig. Er wird überflüssig, wenn durch die Nagelung eine stabile Osteosynthese erreicht wird.

In unserer Klinik wurden 89 Nagelungen am Vorderarm ausgeführt, davon 60 am Radius (bei 48 geschlossenen und 12 offenen Brüchen) und 29 an der Ulna (bei 22 geschlossenen und 7 offenen Brüchen).

Radius:

Nagelungsart:	Geschl.	Offen	Infekt.
Geschl. Fraktur	7	22	3
Veralt. Fraktur	1	22	—
Kompl. Fraktur	1	7	—
Sa.	9	51	3

Ulna:

Nagelungsart:	Geschl.	Offen	Infekt.
Geschl. Fraktur	3	11	—
Veralt. Fraktur	2	9	—
Kompl. Fraktur	—	4	—
Sa.	5	24	—

Infektionen: 3 leichte Wundheilstörungen = 3,7%

Durchschnittliche Behandlungszeit: 26,5 Tage

Tab. 10: Behandlungsergebnisse der 89 Vorderarm-MN

Die Marknagelung der Vorderarmbrüche hatte 3 Infektionen (= 3,7%) zur Folge, und zwar 1mal bei geschlossener und 2mal bei offener Nagelung frischer geschlossener Brüche. Die Infektionen verliefen als Eiterung an einigen Stichkanälen sehr harmlos. Eine Störung der Bruchheilung oder Verlängerung des KH-Aufenthaltes haben sie nicht bewirkt.

Der durchschnittliche KH-Aufenthalt liegt bei 26,5 Tagen für Radius und Ulna.

Eine einzige Knochendystrophie, ein leichter Sudeck, ist zu verzeichnen. Diese Komplikation dürfte aber eher zu Lasten der vorausgegangenen Behandlung mit Gipsverband gehen.

In der Tab. 10 sind 34 veraltete Frakturen enthalten, die durch konservative Therapie nicht geheilt werden konnten. HÄBLER (34) bezweifelt, ob die geschlossene Nagelung veralteter Brüche, die länger als eine Woche zurückliegen, noch möglich sei, denn die Callusbildung geht beim Vorderarm verhältnismäßig rasch vor sich. Die 3 in der Tab. 10 aufgeführten Fälle (darunter eine komplette Vorderarmfraktur) wurden erst am 18. Tag nach dem Bruchgeschehen geschlossen genagelt. Der Heilungsprozeß verlief ohne jede Störung. Auch die in Tab. 10 angegebene komplizierte Radiusfraktur wurde erst am 17. Tag geschlossen genagelt. Dabei wurde aber eine Schädigung des N.radials gesetzt, so daß Fallhand und Sensibilitätsstörung im Ausbreitungsgebiet des N.radialis die Folge waren. Die isolierten Ellenbrüche scheinen besonders geeignet für die Nagelung. Der Eingriff ist technisch leicht, und es kann eine starre Fixierung der Fragmente erreicht werden, die gute mechanische Verhältnisse für die Callusbildung schafft. Bei konservativer Behandlung neigen sie dagegen oft zu Fehlheilung oder verzögerter Callusbildung infolge Sperrung des Radius.

Alle unkomplizierten Brüche heilten ohne Störung.

Der Bemerkung SCHNEIDERs (71), daß die Nagelung der Ulna „infolge ihres anatomischen Baues und des mangelnden Markraumes" nicht durchführbar sei, kann nach diesen Erfahrungen nicht zugestimmt werden. Diese Erfahrungen decken sich auch mit denen HÄBLERs (34) und der Kieler Klinik.

Zahl	Brüche	Nagelung
Isolierter Radiusbruch	31	31
Isolierter Ulnabruch	8	8
Kompletter Vorderarmbruch	23	36 (Rad. + Ulna)
		5 (Rad. isol.)
Pseudarthrose d. Radius	3	3
Pseudarthrose d. Radius + Ulna	3	6 (Rad. + Ulna)
Sa.	94	89

Tab. 11: Verhältnis der Brüche zu den Nagelungen

Bei den 31 isolierten Radiusbrüchen ist das Endergebnis recht gut. Allerdings sind hier 2 Pseudarthrosen nach Marknagelung aufgetreten, einmal nach 4 Monaten. Durch Spanverpflanzung wurde die Heilung erzielt. Im 2. Fall trat sie ein Jahr p.op. auf. Während dieser Zeit hatte der Patient seinen Beruf als Kraftfahrer voll ausgeübt. In der frühzeitigen Entfernung des Nagels, 2 Monate p.op., dürfte die Ursache dieser Störung zu suchen sein. Die

Konsolidierung der Fraktur brachte eine Spanverpflanzung, die zusammen mit der 2. Nagelung ausgeführt wurde.

Beim Bruch beider Vorderarmknochen wurden 18mal beide Knochen genagelt. Die Heilung erfolgte ohne Störung.

Mit der Nagelung nur eines Knochens begibt man sich des Vorteils der stabilen Osteosynthese. So kam es auch in zwei von fünf Fällen, bei denen nur ein Knochen der kompletten Fraktur genagelt worden war, zu Komplikationen. Bei einer isolierten Nagelung der Ulna konnte keine ausreichende gute Stellung des Radiusbruches erzielt werden. Sie mußte nachträglich auch genagelt werden. Bei einer isolierten Nagelung des Radius bildete sich infolge Callusstörung eine Pseudarthrose.

Bei Pseudarthrosen des Vorderarmes liegen die Verhältnisse am günstigsten, wenn an beiden Knochen die Heilung ausgeblieben ist. Dann können die Bruchflächen so zugerichtet werden, daß sie sich mit breiter Fläche fest berühren.

	Art der Pseudarth.	Verletzt vor	Art der Operation	Wund-heil-	KH-dauer	Ender-gebnis
1	Defektpseud-arth. nach Schußbruch u. Drahtung am Radius	3 Jahr.	Nagelung, Spanver-pflanzung (Phemist.)	pp.	40	Bruch fest
2	Defektpseud-arth. d. Rad. nach Osteo-myelitis. Ost. geheilt	4 Jahr.	Nagelung, Spanver-pflanzung (Phemist.)	pp.	46	Bruch fest
3	Kontaktpseud-arth. d. Rad. nach Gips-verband	5 Monat.	Osteotomie, Nagelung, Phemister-span	pp.	17	Bruch fest Abb. 3

Tab. 12: Marknagelung von Pseudarthrosen des Radius

Die 3 Pseudarthrosen des Radius heilten mit gutem Erfolg. Die Nagelung wurde zusammen mit einer Spanverpflanzung ausgeführt, die beinahe die vollwertige Gebrauchsfähigkeit des Vorderarmes brachte.

Abb. 3: 1. Bild: Defektpseudarthrose nach Osteomyelitis
2. Bild: Nagelung der Pseudarthrose des Radius
3. Bild: Zustand nach 6 Jahren p. op. Vollwertige Gebrauchsfähigkeit des Armes.

Doppelte Pseudarthrosen wurden 3mal genagelt (s. Tab. 13), wobei bei einer Ulna zusätzlich ein Span eingelegt wurde. Eine dieser Pseudarthrosen war vorher schon erfolglos konservativ und operativ angegangen worden. Auch die Nagelung blieb ohne Erfolg, da sich an den Bruchenden keinerlei Callus bildete. Durch folgende Spanverpflanzung konnte die Pseudarthrose des Radius beseitigt werden, an der Ulna blieb sie jedoch bestehen.

	Art der Pseudarth.	Verletzt vor	Art der Operation	Wund-heil.	KH-dauer	End-ergebnis
1	Kontaktpseud-arth. beider Knochen	3 Monat.	Nagelung beider Knochen	pp.	18	Bruch fest
2	Kontaktpseud-arth. beider Knochen nach konserv. u. op. Therapie	15 Monat.	Nagelung beider Knochen	pp.	47	Besteh. Pseud-arth. bd. Knochen
3	Defektpseud-arth. der Ulna u. Kon-taktpseudarth. des Radius	12 Jahr.	Nagelung bd. Knochen, Spanver-pflanzung an der Ulna	pp.	34	Bruch fest

Tab. 13: Marknagelung von Pseudarthrosen beider Vorderarmknochen

Bei frischen Brüchen des Vorderarmes gelingt die unblutige Reposition in der Regel gut. Viel schwieriger ist es oft, die gute Stellung im Gipsverband aufrecht zu erhalten. Diese Schwierigkeit kann durch die Marknagelung umgangen werden. Die funktionellen Ergebnisse nach Nagelung sind eindeutig gute.

Dagegen scheint eine Gefahr in der Pseudarthrosenbildung zu liegen. Bei 84 Nagelungen des Vorderarmes (ausgenommen die Nagelungen von Pseudarthrosen) sind 3 Pseudarthrosen = 3,8% aufgetreten. Der Prozentsatz liegt höher als bei konservativer Behandlung.

TROJAN (80) hat bei 228 frischen geschlossenen Brüchen, die im Gipsverband behandelt wurden, nur 5 Pseudarthrosen = 2,2% gesehen.

9. Behandlungsergebnisse nach Marknagelung von Oberschenkelbrüchen

Von allen Marknagelungen langer Röhrenknochen ist die geschlossene Nagelung des Oberschenkels die schwierigste, weil eine dicke und kräftige Muskulatur die Reposition und besonders den Ausgleich von Seitenverschiebungen sehr erschwert.

Die geschlossene Nagelung des Oberschenkels wurde in der Chirurg. Klinik in München nur 16mal durchgeführt.

Unter den 148 Brüchen des Oberschenkels waren 128 geschlossene und 20 offene.

Nagelungsart:	Geschl.	Offen	Infekt.
Geschl. Fraktur	15	79	2
Veralt. Fraktur	—	48	6
Kompl. Fraktur	1	5	1
Sa.	16	132	9 = 6,1%

Infektionen: 9 (2 leicht, 7 schwer) = 6,1%
Durchschnittliche Behandlungszeit: 71 Tage

Tab. 14: Behandlungsergebnisse der 148 Oberschenkel-MN

9 Todesfälle nach Marknagelung des Oberschenkels sind zu beklagen, von denen 6 an Herz- und Kreislaufversagen starben. Die Ursache für das Erliegen des Kreislaufes waren je einmal eine hypostatische Pneumonie, eine

Lungenembolie und eine ausgedehnte Metastasierung eines Mamma-Ca. Eine Patientin starb einige Stunden p.op. im Schockzustand. In beiden letzten Fällen war die Fraktur in einer Knochenmetastase zustande gekommen.

Das Durchschnittsalter dieser 6 Patienten lag bei 76,5 Jahren.

Eine schwere Knocheneiterung nach Marknagelung führte bei einer 19jährigen Patientin nach 103 Tagen p.op. den Tod herbei (s. S. 36). Zwei Patienten erlagen einer Fettembolie nach der Nagelung von Pseudarthrosen (s. S. 15).

Bei 148 Nagelungen des Oberschenkels waren 9 Infektionen = 6,1% die Folge.

Bei BÖHLER (2) sind bei 151 Nagelungen 10 Infektionen (= 7,3%) eingetreten, und bei HÄBLER (35) liegt der Prozentsatz bei 10,8%.

Die 16 geschlossenen Nagelungen heilten pp., ohne jede Störung.

Die offene Nagelung hatte 9 Infektionen zur Folge, darunter waren 2 leichte Wundinfektionen, die den Heilungsverlauf nicht beeinflußten. 7 Infektionen (= 4,8%) führten zu einer Knocheneiterung, die in Form einer Ostitis (1) oder Osteomyelitis (6) eine schwere Komplikation bedeuteten. Der KH-Aufenthalt dauerte in diesen Fällen 76—465 Tage. Das Hauptziel der Knochenbruchbehandlung, die Konsolidierung des Bruches, ist immer erreicht worden.

Wie aus Tab. 14 zu ersehen ist, waren die Nagelungen veralteter Brüche (schief geheilte Brüche, Refrakturen, Osteotomien) mit über 64% der bei Nagelung von Oberschenkelbrüchen aufgetretenen Infektionen belastet. Die Frakturen lagen bei etwa der Hälfte länger als 8 Wochen zurück. Die Schwierigkeiten und lange Dauer des Eingriffes haben wir als die Hauptursache der erhöhten Infektionsgefahr kennengelernt. Beim Versuch, alte Brüche möglichst ohne Verkürzung anatomisch gerecht einzustellen, wurden bei der Nagelung zwei weitere Frakturen in Bruchnähe gesetzt, die mit Drahtschlingen fixiert wurden.

Zwei Knocheneiterungen sind als Spätkomplikation aufgetreten, eine Ostitis einen Monat p.op. und eine Osteomyelitis 5 Jahre p.op. Im Anschluß an die Nagelung war beim letzten Patienten eine Eiterung an der Operationsstelle und in den Weichteilen um den Knochen vorhanden, der Knochen selbst aber nicht von der Entzündung ergriffen. Röntgenologisch waren zu dieser Zeit in den Weichteilen wolkige bis streifige Verdichtungen zu sehen. Der Knochen zeigte keinen Anhalt für einen entzündlichen Prozeß.

Abb. 4: 1. Bild: Fraktur am Tag der stat. Aufnahme
2. Bild: 2 Wochen nach der offenen Nagelung. Die Eiterung in den Weichteilen besteht seit 4 Tagen.
3. Bild: 4 Monate p. op. Die Eiterung seit 2 Monaten zu Ende. Der Bruch ist festknöchern geheilt. Callus luxurians mit Myositis ossificans.
4. Bild: 8 Jahre p. op. Die als Spätkomplikation aufgetretene Osteomyelitis zeigt jetzt keine frischen entzündlichen Herde.

5 Jahre p.op. setzte die Osteomyelitis im Bereich der Drahtumschlingungen ein, die nun seit 3 Jahren die Eiterung unterhält. Bei der Nachuntersuchung im Januar 1960 wurden am Knochen keine frische entzündliche Herde gefunden. Eiterung und Fistelung halten jedoch unvermindert an.

Zweimal nahm die Eiterung ihren Ausgang vom infizierten Haematom aus, die sich zu ausgedehnten Röhrenabszessen ausbildeten. Erst 7 Monate p.op. war der Eiter bis zur Einschlagstelle am Trochanter maior vorgedrungen und setzte hier einen zweiten Abszeß. Im Innern der Muskulatur arbeitete sich die Eiterung vom Bruchspalt aus bis in die Glutaealmuskulatur vor. Zeitweise bestand ein hochtoxisches Krankheitsbild. Erst nach Beschaffung von Penicillin, 10 Monate p.op. (1948!), kam es zu einer Besserung des AZ und zum langsamen Abheilen der verschiedenen Wunden. Die restlichen Eiterungen blieben auf bruchnahe Bezirke beschränkt. Sie haben nie eine akute Lebensbedrohung für den Patienten bedeutet.

Von den 6 noch lebenden Patienten mit Knocheneiterung konnten 4 nachuntersucht werden. Frische entzündliche Herde wurden nicht gefunden. Die Stellung des Gliedes ist bei allen eine achsengerechte, ohne Verschiebung und Achsenknickung. Verkürzungen sind bei allen 4 zu verzeichnen (3,5 cm, 2,5 cm, 2 × 1 cm). Die Beweglichkeit im benachbarten Kniegelenk ist einmal um 60% eingeschränkt, bei einem zweiten um etwa 20%. Die Funktion des Sprunggelenkes ist in allen drei Fällen um 25% vermindert.

Der durchschnittliche KH-Aufenthalt beträgt 71 Tage. Der KH-Aufenthalt nach geschlossener Nagelung frischer geschlossener Brüche liegt bei HÄBLER (34) bei 55 Tagen, nach konservativer Behandlung bei 101 Tagen (RUSTENBECK-34). Die Behandlungszeit bei frischen offenen Oberschenkelbrüchen beträgt bei HÄBLER (34) 69 Tage, die der veralteten 131 Tage. Nach Nagelung von Pseudarthrosen liegt sie in unserem Krankengut bei 77 Tagen, bei BÖHLER (2), auch nach Nagelung, nur bei 57 Tagen.

Am Oberschenkel findet man in der Regel nur „bindegewebige Pseudarthrosen" (34). Es kann also eine Resektion des Knochens und damit eine Verkürzung vermieden werden. So wird die offene Nagelung zur Methode der Wahl.

In der Chirurg. Klinik wurden 12 Pseudarthrosen des Oberschenkels genagelt.

	Art der Pseudarth.	Verletzt vor	Art der Operation	Wund-heil.	KH-dauer	End-ergebnis
10	„Binde-gewebig“	4—15 Monat. im Mittel 6 Monat.	8 Nagelg. 1 Nag. + Draht. 1 Nag. + Becken-gips	pp. pp. pp.	28—187 Tage, im Mitt. 77	1 EX (F.E.) 1 Besteh. Pseud-arth. 8 Brüche fest
2	Defektpseud-arth. nach Osteomyelit.	12 Monat.	2 Nagelg.	pp.	43	1 EX (F.E.) 1 Bruch fest

Tab. 15: Marknagelung von Pseudarthrosen des Oberschenkels

Eine der Pseudarthrosen war im Anschluß an eine Marknagelung und Osteomyelitis entstanden. Die 1. Nagelung war schon während des akuten Stadium der Osteomyelitis vorgenommen worden, aber „nur zur gewissen Fixierung“ der Fragmente. Sie bewirkte zwar ein langsames Nachlassen der Eiterung, aber die Pseudarthrose wurde durch diese Maßnahme nicht behoben (s. S. 9 und S. 39, Tab. 7, Nr. 3). Die zweite Nagelung, nach abgeheilter Osteomyelitis, führte zu einer massiven Fettembolie der Lungen, welcher die Patientin eine Stunde p.op. erlag. Eine der Pseudoarthrosen konnte wegen stark verzögerter Callusbildung nicht zur knöchernen Festigung gebracht werden.

Die Stellung der geheilten Frakturen ist in allen Fällen eine achsengerechte, jedoch einmal mit starker Verkürzung von 5 cm an beiden Oberschenkeln. Diese beiden Brüche waren vor der Nagelung 6 Monate lang erfolglos konservativ behandelt worden. Auch nach der Nagelung war die knöcherne Heilung erst 6 Monate p.op. zum Abschluß gekommen. Die Verzögerung des Heilvorganges war durch minderwertigen Callus bedingt.

Bei der Nagelung einer Pseudarthrose erfolgte eine Varusknickung um 15°, so daß eine Keilosteotomie notwendig wurde.

Destruktiver Knochenabbau an benachbarten Gelenken kam 10mal zustande (6 Sudeck und 4 Arthrosis defor.). 5 Patienten waren jedoch zuvor konservativ mit Gipsverband und Extension behandelt worden, im Durchschnitt 89 Tage lang. Die Erkrankung war schon während der konservativen Behandlungszeit bemerkt worden. Durch die Nagelung ist nur eine geringfügige Verschlimmerung des Befundes verursacht worden.

Die frühzeitige Bewegungstherapie vermeidet Sudeck- und Arthrosis deformans-Erkrankungen, die in unserem Krankengut meist nur nach vorausgegangener konservativer Behandlung und bei Eiterungen vor oder nach der Nagelung zu verzeichnen waren.

Sehr negativ beeinflussen die Nagelungen veralteter Brüche die sonst guten Ergebnisse. Die Osteotomie soll deshalb so schonend wie möglich sein. Das Periost wird nur an der Durchtrennungslinie möglichst sparsam abgeschoben und der Knochen in glatter Fläche durchtrennt.

In der Behandlung der Oberschenkelpseudarthrosen hat sich der Marknagel schon lange seinen Platz unbestritten erobert. Die Begründung des Erfolges liegt darin, daß der starre Nagel verhältnismäßig leicht eine stabile Osteosynthese gewährleistet und die kräftige Muskulatur die Fragmente in innigem Kontakt hält.

10. Behandlungsergebnisse nach Marknagelung von Unterschenkelbrüchen

Die geschlossene Marknagelung des Unterschenkels bezeichnet KÜNTSCHER „in typischen Fällen als derart einfach, daß sie als einer der einfachsten Eingriffe gelten kann". Für die frischen Brüche gilt dies zum größten Teil, obwohl auch bei ihnen Zwischenfälle vorkommen können. Bei veralteten Brüchen muß man sogar häufig mit solchen Zwischenfällen rechnen.

In der Chirurg. Klinik in München wurden 141 Brüche des Unterschenkels genagelt, 139 Brüche der Tibia und 2 veraltete Brüche der Fibula. Unter den 139 Brüchen der Tibia waren 105 geschlossene und 34 komplizierte.

Nagelungsart:	Geschl.	Offen	Infekt.
Geschl. Fraktur	76	10	1
Veralt. Fraktur	5	26	4
Kompl. Fraktur	10	14	5
Sa.	91	50	10 = 7,1%

Infektionen: 10 (4 leicht, 6 schwer) = 7,1%

Durchschnittliche Behandlungszeit: 54,7 Tage

Tab. 16: Behandlungsergebnisse der 141 Unterschenkel-MN

Ein Todesfall ist zu beklagen. Die 61jährige Patientin erlag 6 Tage p.op einer Lungenembolie.

Bei 141 Nagelungen des Unterschenkels fanden wir 10 Infektionen (= 7,1%), davon waren 6 (= 4,3%) schwere Eiterungen am Knochen. Drei leichte Wundheilstörungen heilten in kurzer Zeit, ohne den Heilungsvorgang am Knochen zu beeinträchtigen. Bei einer komplizierten Trümmerfraktur (Straßenbahnunfall) mit leichter Eiterung mußte die sekundäre Amputation vorgenommen werden. Diese war jedoch nicht Folge der Eiterung, sondern der schweren Zertrümmerung des Knochens.

Infektionen:		Leichte	Ostit.	Ost.myel.	Sa.	%
Geschl. Fr. Geschl. Nag.	76	1	—	—	1	1,3
Geschl. Fr. Offene Nag.	10	—	—	—	—	—
Veralt. Fr. Geschl. Nag.	5	—	—	—	—	—
Veralt. Fr. Offene Nag.	26	1	—	3	4	15,4
Kompl. Fr. Geschl. Nag.	10	—	1	—	1	10,0
Kompl. Fr. Offene Nag.	14	2	—	2	4	33,3
Sa.	141	4	1	5	10	7,1%

Tab. 17: Infektionsarten nach Marknagelung von Unterschenkelbrüchen

Wie aus Tab. 17 zu ersehen ist, sind Eiterungen am Knochen Folgen komplizierter Brüche oder schwerer Operationen bei veralteten Brüchen (2 Pseudarthrosen, 1 Osteotomie). Der KH-Aufenthalt ist infolge dieser Komplikationen erheblich verlängert worden. Er beträgt zwischen 39—441 Tagen, im Mittel 238 Tage.

Die Ostitis nach kompliziertem Bruch blieb auf den Bruchbereich beschränkt. Sie heilte innerhalb 4 Monaten aus, ohne eine bedeutende Einschränkung der Gelenkfunktion im Knie- und Sprunggelenk zurückzulassen. Auch die Stellung des Knochens ist achsengerecht.

Einen stürmischen Verlauf nahmen die Infektionen bei schweren komplizierten Schaftbrüchen. Auch hier trifft wieder zu, daß die Ausdehnung der Verletzung am Knochen und Weichteilen in einem direkten Verhältnis zur Schwere der Infektion und ihren Folgen steht.

Die Eiterung ergriff große Teile der Markhöhle und setzte auch an der Einschlagstelle Abszesse. Größere Sequester wurden mehrmals entfernt.

Die Folgen der einen Osteomyelitis sind sehr erhebliche. Die Fraktur ist in sehr schlechter Stellung geheilt. Es besteht eine Verschiebung des distalen

Fragmentes um 2/3 Schaftbreite nach medial mit Varusknickung und Einwärtsdrehung. Die Verkürzung beträgt 6 cm. Das Kniegelenk ist fast ganz versteift, die Beweglichkeit des Sprunggelenkes um die Hälfte eingeschränkt.

3 Knochenmarkeiterungen sind nach der Nagelung veralteter Brüche aufgetreten. Die Eiterung schritt auch hier einmal zur Nageleinschlagstelle weiter. Eine Pseudarthrose wurde durch Nagelung und Spanverpflanzung versorgt. Die folgende Eiterung ging von den Drähten aus, um die sich nacheinander die Eiterung ausbildete. Die Umgebung des Nagels blieb jederzeit von der Entzündung verschont (s. S. 37).

Als Folgen dieser schweren Eiterungen ist bei 4 Patienten eine chronische Ostitis an der Bruchstelle mit zeitweiliger Fistelung zurückgeblieben.

Wie vorteilhaft sich eine stabile Osteosynthese bemerkbar macht, zeigen die folgenden Röntgenbilder. Der Patient hatte einen offenen Unterschenkelbruch erlitten. An der Bruchstelle bildete sich eine Osteomyelitis, die in der Folgezeit große Teile der Markhöhle ergriff. Die Marknagelung wurde bei florider Osteomyelitis durchgeführt. Dank der guten Osteosynthese kam es zum raschen Nachlassen der Eiterung und zur schnellen Bildung frischer Granulationen. Der Patient konnte bereits 6 Wochen nach der Nagelung entlassen werden. Es blieb zwar eine chronische Osteomyelitis zurück. Der Patient hat aber seit 8 Jahren keine Beschwerden von Seiten der ehemaligen Osteomyelitis.

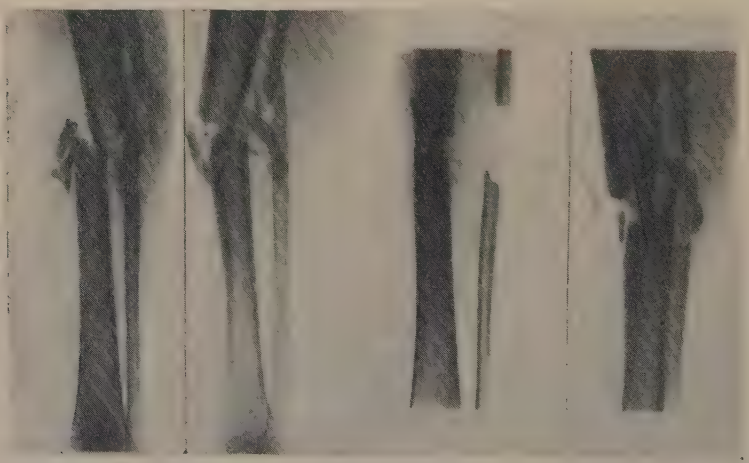


Abb. 5: 1. Bild: Offene Unterschenkelfraktur; 6 Wochen später Spanverpflanzung
2. Bild: Osteomyelitis im Bruchbereich mit beginnender Nekrose und Sequestrierung des gebolzten Spanes. 2 Monate nach Bolzung.
3. Bild: Zustand nach Marknagelung mit Spreiznagel, 4 Monate nach Verletzung. Keine Wackelbewegung möglich.
Hochgradige periostale Reaktion beiderseits des Bruchspaltes. Streifige Auflösung der Knochenstruktur, bes. im proximalen Bruchende.
4. Bild: Endzustand, 9 Jahre nach dem Unfall. Chronische Osteomyelitis, ohne genügenden Anhalt für frische entzündliche Veränderungen.

Die Marknagelung des Unterschenkels ist aber mit einer recht hohen Infektionsquote (7,1%) belastet, die vor allem die Infektionen bei komplizierten und veralteten Brüchen (80%) verursacht haben.
Aber auch bei der konservativen Methode liegt die Infektionszahl beträchtlich hoch. So gibt BÖHLER (5) in seinen Behandlungsergebnissen frischer geschlossener Unterschenkelbrüche den Prozentsatz der Infektionen bei mit

Gipsverband behandelten Brüchen mit 3,3% (3,9%)
Extension und Gips beh. Brüchen mit ..... 2,5% (5,1%) an.

Die Zahlen in den Klammern geben Infektionszahl und Druckgeschwüre durch den Gipsverband an (47).
Die Infektionsquote unseres Krankengutes liegt bei frischen geschlossenen Brüchen nach geschlossener und offener Nagelung jedoch nur bei 1,2%.
Bei frischen offenen Brüchen waren bei BÖHLER (83) 20,0% Infektionen eingetreten, davon 10,9% schwere Eiterungen.
Nach Marknagelung frischer geschlossener Unterschenkelbrüche in der Chirurgischen Klinik in München sind 22,7% Infektionen eingetreten, davon 11,3% schwere Eiterungen.

Als Folge der schweren Verletzungen bei offenen Brüchen mußte im Wiener Unfallkrankenhaus in 9,3% eine primäre (= 6,7%) oder eine sekundäre (= 2,6%) Amputation ausgeführt werden (83).

Dank der Behandlung mit Marknagelung war in München nur eine Amputation (= 4,5%) notwendig geworden.

Bei veralteten Brüchen ist die Differenz der Infektionen nach konservativer Methode und Nagelung eindeutig zu Gunsten der Marknagelung verschoben:

	Veralt. geschl. Fr.	Veralt. offene Fr.
BÖHLER (43)	0,9% Inf.	46,4% Inf.
Cirurg. Kl. München	0,0% Inf.	15,4% Inf.

Bei veralteten geschlossenen Unterschenkelbrüchen bietet die geschlossene Marknagelung die gleichen Vorteile wie bei frischen Brüchen. Doch gestaltet sich der Eingriff wesentlich schwieriger, um so mehr, je länger der Bruch zurückliegt, denn beginnende Callusbildung und Verklebung der Weichteile mit den Bruchenden erschweren die Reposition.

Unter den veralteten Brüchen waren 10 Pseudarthrosen, von denen 9 offen genagelt wurden. Die Verletzung lag zwischen 2 Monaten und 3 Jahren zurück, im Durchschnitt 10 Monate. Darunter befanden sich 4 Defektpseudarthrosen nach vorausgegangener, aber abgeheilter Osteomyelitis. Mit der Nagelung wurde 3mal die Spanverpflanzung verbunden. Eine Pseudarthrose konnte nicht zur knöchernen Konsolidierung gebracht werden.

In weiteren 3 Fällen führte die Nagelung nicht zur knöchernen Vereinigung der Fragmente, so daß nun bei 141 Marknagelungen des Unterschenkels 4 Pseudarthrosen (= 2,8%) zurückblieben.

Nach KEIL (44) machen sie nach Nagelung geschlossener und offener Tibiabrüche 3,0% aus.

Gegenüber der konservativen Therapie ist die Gefahr der Pseudarthrosenbildung nur bei frischen Brüchen eine größere, bei veralteten Brüchen dagegen wesentlich geringer.

	Wiener Unfallkrankenhaus	Chirurg. Klinik München
Frische geschl. Fr.	0,2%	1,2%
Frische offene Fr.	0,4%	0,0%
Veralt. geschl. Fr.	6,9%	9,7%
Veralt. offene Fr.	19,2%	

Tab. 18: Vergleich der aufgetretenen Pseudarthrosen nach konservativer Behandlung (SCHARIZER-43) und Nagelung in der Chirurg Klinik in München

Der KH-Aufenthalt nach Marknagelung frischer geschlossener und offener Unterschenkelbrüche liegt bei 54,7 Tagen. Vergleichsweise mit anderen Ergebnissen ist die stationäre Behandlungszeit in unseren Fällen eine viel längere. Der KH-Aufenthalt bei frischen geschlossenen und offenen Unterschenkelbrüchen beträgt bei:

	Konserv. Therapie		Marknagelung	
Brucharten:	Geschl.	Offen	Geschl.	Offen
BÖHLER (3)	29,7	68,4	42,2	72,5
FICK (18)	48,7	76,8	30,7	68,3
KEIL (44)	53,6	97,6	38,0	55,0
HÄBLER (34)			67,0	80,0
Chirurg. Kl. München			41,2	87,7

Tab. 19: Vergleich der Behandlungsdauer nach konservativer Behandlung und Marknagelung

Die Behandlungsdauer ist bei BÖHLER sehr kurz. Aber schon BÖHLER bemerkte, daß vor dem Krieg oder in vom Krieg nicht betroffenen Gebieten die sozialen Möglichkeiten der häuslichen Betreuung besser waren und damit die stationäre Behandlung abgekürzt werden konnte.
Bei der Nachuntersuchung konservativ behandelter frischer Unterschenkelbrüche im Wiener Unfallkrankenhaus wurden 20,5% Arthrosen des Sprung- und Kniegelenkes gefunden und bei frischen offenen sogar 32,2% (83).
Bei Entlassung aus der Klinik hatten nur 3,0% unserer Patienten eine Arthrose oder Sudeck.
Die Arthrose kann als Durchblutungsschaden aufgefaßt werden (80). Die Durchblutungsstörung kann primär durch das Bruchgeschehen entstanden sein. Weiter kann die Durchblutung gestört sein durch die Dehnung der Gefäße und der Weichteile, also durch die Dauer des Zuges und der Ruhigstellung während der Therapie.
Es gibt keinen Zweifel darüber, daß sekundäre Durchblutungsschäden durch die Marknagelung in viel geringerem Maße angerichtet werden als bei der konservativen Behandlung.

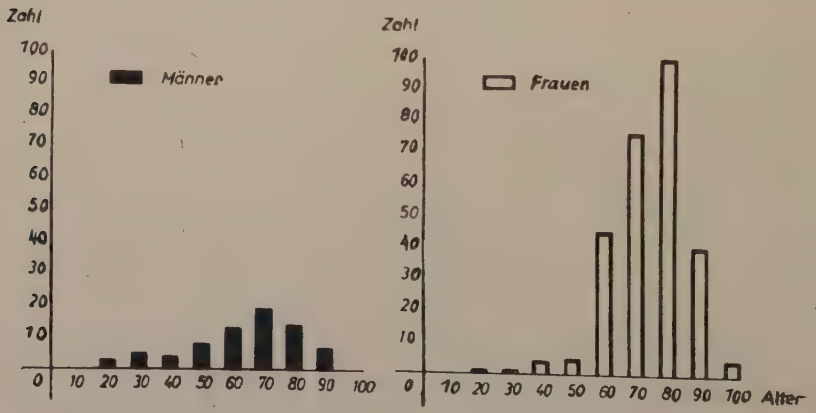
11. Behandlungsergebnisse nach Nagelung von Schenkelhalsbrüchen

Die eigenartige Form des oberen Oberschenkelendes hat bei Erörterungen über Bau und Funktion des Knochens stets einen besonderen Platz eingenommen. Den Bemühungen namhafter Autoren, wie v. MEYER, ROUX, BENNINGFOFF ist es zu verdanken, daß gerade an diesem Skeletteil die Innen- und Außenarchitektur bis in die letzten Feinheiten erforscht und bekannt ist. Das große Interesse galt aber nicht nur der besonderen Gestalt, sondern vor allem dem biologischen Geschehen und Verhalten am Schenkelhals und -kopf.

Aus den Untersuchungen von A. W. FISCHER wissen wir, daß das obere Oberschenkelende beim Gehen einer außerordentlich hohen, stoßweise wirkenden Druckbeanspruchung ausgesetzt ist. Der während der Standbeinperiode auf den Schenkelkopf wirkende Druck erreicht als Höchstwert etwa das 4½fache des Körpergewichtes, während er beim Stand auf beiden Beinen nur etwa ⅓ des Körpergewichtes beträgt. Ein gesunder Knochen ist diesen statischen und dynamischen Belastungen durchaus gewachsen, da er mit mehrfacher Sicherheit gebaut ist. Die Osteone weisen nämlich eine Bauweise auf, die man mit der eines Sperrholzes vergleichen kann, und die Osteonenzüge wiederum entsprechen dem Verlauf der größten Zug- und Druckkräfte, den Hauptspannungslinien. Neben diesem funktionellen Bau trägt noch eine gewisse Elastizität zur Widerstandsfähigkeit des Knochens bei. Gerade am oberen Oberschenkelende ist in klassischer Weise die Übereinstimmung von Kräfteverlauf und Spongiosaarchitektur — bekannt als „Kranstruktur" — verwirklicht.

Die Hauptosteonenzüge liegen am dichtesten und ziehen zur Oberfläche, wo die größten Zug- und Druckspannungen herrschen und wo bei Belastung die stärkste Deformierung des Knochens infolge seiner Eigenelastizität auftritt.
Ist das Gleichgewicht dieses funktionell-anatomischen Systems gewaltsam gestört, wird sich die Schädigung als Bruch des Schenkelhalses auswirken.

In der Chirurg. Klinik in München wurden 349 Schenkelhalsbrüche genagelt. Unter der Bezeichnung „Schenkelhalsbruch" sind 109 Fälle aufgeführt, deren nähere Bruchart aus den Krankenblättern nicht zu erkennen war. Der Operationsmethode und Nagelart entsprechend dürfte der größte Teil der Gruppe den medialen Brüchen angehören, zum kleineren Teil den lateralen und pertrochanteren Brüchen.



Tab. 20: Zahl und Alter der Patienten bei Schenkelhalsbrüchen

Entsprechend dem hohen Alter bei Schenkelhalsbrüchen ist auch eine hohe Sterblichkeit zu verzeichnen.

Bei 349 Nagelungen des Schenkelhalses erlagen 44 Patienten (= 12,6%) den hinzugetretenen Komplikationen. Das Durchschnittsalter der gestorbenen Patienten liegt bei 80,7 Jahren. Bei einer pertrochanteren Fraktur kam es zur Ostitis im Bruchbereich, diese führte zu einem toxisch-infektiösen AZ und so zum Tode. Auch drei weitere Patienten mit schweren Eiterungen am Knochen erlagen unter den Zeichen des Herz- und Kreislaufversagens dieser Komplikation. Weiter sind 2 Fettembolien der Lungen nach Nagelung eingetreten (s. S. 9). 26mal war als Todesursache Herz- und Kreislaufversagen angegeben. 12 Patienten erlagen Komplikationen wie Embolie, Apoplexie und Nebenbefunden wie Carcinomen, schweren Arteriosklerosen und zwei den krankhaften Veränderungen bei Lues II (Tabes dorsalis, Gefäßlues).

		Infekt.	%	EX	%
Medial	132	4	3,0	10	7,6
Lateral	40	1	2,5	4	10,0
Pertroch.	68	4	5,9	19	28,0
„Schenkelhals“	109	6	5,5	11	10,0
Sa.	349	15	4,3%	44	12,6%

Tab. 21: Verhältnis der Infektionen und Todesfälle zu den einzelnen Brucharten

Wie aus Tab. 21 zu ersehen ist, sind die pertrochanteren Brüche mit einer hohen Infektionszahl und Mortalität belastet. Das Durchschnittsalter der Träger pertrochanterer Frakturen liegt zwar um 5—10 Jahre höher als das der Kranken bei anderen Schenkelhalsbrüchen, aber die Mortalität mit 28,0% bei 68 Fällen ist erschreckend hoch. Wahrscheinlich darf ein Teil der Ursachen darin gesucht werden, daß bei pertrochanteren Brüchen meist die Nagelung mit Winkelnägeln, in den letzten Jahren vor allem mit Laschennägeln geschehen ist. Diese Operation macht eine Freilegung des Oberschenkelknochens mindestens bis zu einem Drittel notwendig. Das führt natürlich bei diesen alten Patienten zu einer schweren Belastung des Kreislaufes.

Die hohe Mortalität ist deshalb so erschreckend, weil doch die Heilungstendenz der pertrochanteren Fraktur ganz ausgezeichnet ist, auch ohne Operation.

An der Chirurg. Klinik in Heidelberg (1956) liegt die Mortalität bei 341 konservativ behandelten pertrochanteren Brüchen nur bei 13,7% (76).

Nach GEISSENDÖRFER (24) beträgt sie nach konservativer Therapie 23,4%. Bei Nagelung (wahlweise) und konservativer Therapie blieb die Mortalität auch bei 23,4%. Sie konnte also nicht gesenkt werden.

Die durchschnittliche Mortalität bei Schenkelhalsbrüchen liegt in unserem Krankengut bei 12,6%. Die Mortalität bei 281 Schenkelhalsbrüchen ohne die 68 pertrochanteren Brüche aber nur bei 8,9%. Diese Zahl ist im Verhältnis zu der Sterblichkeit nach konservativer Behandlung eine ausgezeichnete.

Nach der Sammelstatistik von SCHLUMPELICK und JANTZEN (84) liegt die Sterblichkeit bei 2000 konservativ behandelten Schenkelhalsbrüchen bei 28%, die nach Nagelung nur bei 15%.

Bei der Nagelung von Schenkelhalsbrüchen erlitten 15 Patienten (= 4,3%) eine Infektion. 5 Infektionen (= 1,4%) verliefen als schwere Knocheneiterung.

Bei WEIS und MÜLLER (63) liegt die Infektionsquote bei 6,0%

Auch bei den Infektionen waren die pertrochanteren Brüche mit einem hohen Prozentsatz von 5,9% (berechnet auf die Zahl der pertroch. Brüche) behaftet. In der verhältnismäßig schwierigen und langwierigen Operation liegt die Ursache der höheren Infektionsgefahr.

Infektionen:	Leichte	Ostitis	Ost.myel.	Sa.	%
Medial	3	—	1	4	3,0
Lateral	1	—	—	1	2,5
Pertroch.	3	1	—	4	5,9
„Schenkelhals“	3	1	2	6	5,5
Sa.	10	2	3	15	4,3%

Tab. 22: Häufigkeit und Arten der Infektionen

Die 10 leichten Wundheilstörungen heilten in kurzer Zeit aus. Nur die pertrochantere Fraktur führte infolge akuter Coxitis des Hüftgelenkes zu einer Verlängerung des KH-Aufenthaltes. Das entzündete Hüftgelenk wurde im Beckengips ruhiggestellt. Nach 5 Monaten war es ganz versteift. Die leichte Eiterung an der Operationsstelle setzte erst 2 Monate p.op. ein, nachdem die Wunde vorher pp. geheilt war. In den anderen Fällen von leichter Eiterung war eine Störung der Bruchheilung oder Verlängerung des stationären Aufenthaltes nicht bedingt.

Wie aus Tab. 23 hervorgeht, bedeutet eine schwere Eiterung für alte Leute eine erhebliche Belastung, die bei akutem Verlauf kein Patient überlebt hat. Die Knocheneiterung des 4. Patienten ging von einem Bohrloch für den Extensionsdraht am distalen Ende des Oberschenkels aus. Die Operationswunde am Schenkelhals ist ohne Komplikationen geheilt.

	Art d. Eiterung	Folgen	Alter
1	Osteomyelitis im Bereich d. medial. Fraktur	Atrophie und Zerstörung d. Schenkelkopfes, deshalb Kopfresektion geplant. Nach Periduralanästhäsie plötzlich Herz- und Kreislaufversagen. EX am 135. Tag nach Nagelung	62
2	Osteomyelitis im Bereich d. Fraktur	Vollständige Usur des Gelenkknorpels. Mehrmals Luxation, wahrscheinlich infolge Empyem. EX 12 Monate p.op. (Marasmus)	71
3	Chron. Ostitis im Bereich d. pertroch. Fr.	Bruch geheilt. Allgemeiner Verfall. Unter Herz- und Kreislaufversagen EX 4 Monate p.op.	85
4	Ostitis im Gebiet eines Bohrkanals für Extension	Abszeß umgreift den unteren Teil d. Oberschenkelknochens. Pat. hat Tab. dors. + Gefäßlues. Unter Herz- und Kreislaufversagen EX 3 Monate p.op.	64
5	Chron. Osteomyelitis.	Wunde und Fraktur nach Nagelung pp. geheilt. 2 Jahre p.op. phlegmonöse Entzündung des distalen Drittels d. Oberschenkels. Spätkomplikation: Chron. Osteomyelitis.	59

Tab. 23: Verlauf und Folgen der 5 schweren Eiterungen nach Nagelung von Schenkelhalsbrüchen

Die Behandlungsdauer ist bei Nagelung kürzer als bei konservativer Behandlung. Während sie von SPOHN (76) für pertrochantere Brüche mit 12—14 Wochen angegeben wird, beträgt sie bei GEISSENDÖRFER (24):

KH-Aufenhalt bei konservativer Therapie	95 Tage
KH-Aufenhalt bei Nagelung nur	72 Tage.

In unserer Klinik liegt der durchschnittliche KH-Aufenthalt aller genagelten Schenkelhalsbrüche bei 85,8 Tagen. Bei der herrschenden großen Bettennot ist die Verkürzung der Behandlungsdauer von großer sozialer Bedeutung.

Auch der Zeitraum bis zum ersten Aufstehen ist wesentlich verkürzt. GEISSENDÖRFER gibt für die konservative Behandlung 76 Tage an, für die Nagelung nur 43 Tage. In unserer Klinik liegt der Zeitpunkt des ersten Aufstehens bei 168 Patienten (ohne jede Komplikation) sogar nur bei 31 Tagen.

Im Hinblick auf den Mangel an periostalen Callus bei der Schenkelhalsfraktur ist es verständlich, daß ungünstige mechanische Einflüsse, wie sie durch Zug-, Biegungs- und Scherkräfte entstehen, nur zu leicht der Regeneration entgegenwirken können. Diese paßt sich funktionell den einwirkenden Kräften an, bzw. wird sie durch diese Kraft im normalen Ablauf gestört, so daß sie in einem Fall nur Bindegewebe hervorbringt, im anderen Fall, wenn zusätzlich noch Reibung der Fragmente auftritt, Knorpel, also ebenfalls eine Pseudarthrose entsteht. Die Möglichkeit einer Pseudarthrosenbildung ist bei guter Lage des Nagels gering.

So wurden in unserem Krankengut nur 8 Pseudarthrosen gefunden. Diese Zahl erscheint sehr gering gegenüber den Angaben von LEMPERT und MAATZ (56). Allerdings sind ihre Angaben Spätergebnisse der landwirtschaftlichen Berufsgenossenschaft in Schleswig-Holstein. Nach der konservativen Behandlung fanden sie:

Bei 228 nach kons. Therapie ..... 69 Pseudarth. + 10 Kopfnekr. = 37,8%

Bei 142 nach Nagelung ..... 28 Pseudarth. + 29 Kopfnekr. = 29,2%

An der Chirurg. Klinik in München:

Bei 349 nach Nagelung ..... 8 Pseudarth. + 22 Kopfnekr. = 8,6%

Von den Kopfnekrosen entfallen 68% auf die medialen Brüche. Es ist sicher, daß durch das Fehlen des periostalen Callus ungünstige Voraussetzungen für die Regeneration gegeben sind. Die Ursache liegt darin, daß sich die periostbedeckten Teile nicht abheben, wodurch praktisch keine subperiostale Blutung und somit auch kein Organisationsgewebe entstehen können (BLOCK, 1940). Aus diesem Grunde fällt der endostalen Cambiumschicht des Knochenmarkes die entscheidende Rolle in der mesenchymalen Callusbildung zu. Hierin liegt auch der Grund, warum Schenkelhalsbrüche so völlig ohne sichtbare Veränderungen heilen.

Das Auftreten von Kopfnekrosen nach Frakturheilung zeigt, daß eine knöcherne Heilung noch nicht völlige Wiederherstellung der gesamten Gefäßversorgung bedingt. Zweifellos sind durch die Fraktur die Gefäßstämme, die

den Kopf ernähren, so sehr in Mitleidenschaft gezogen worden, daß trotz der einwandfreien knöchernen Heilung nach und nach eine Störung in der Ernährung des Kopfes aufgetreten ist. Sie führt schließlich zur teilweisen Kopfnekrose.

Kopfnekrose ist immer eine Ernährungsstörung. PAUWEIS konnte 1935 zeigen, daß frühzeitige Belastung als sekundäre Ursache für die Hüftkopfnekrose besondere Bedeutung hat. Wenn nämlich nach wieder geschlossenem Blutkreislauf der zelluläre Umbau einsetzt, wird zunächst nur weiches, kalkarmes Material angelagert. In diesem Stadium ist der Knochen natürlich nicht belastungsfähig. Unter Mißachtung dieser temporären biologischen Verhältnisse entstehen je nach Grad der Beeinträchtigung Kopfeinbrüche, Frakturverschiebungen oder beides. Auf jeden Fall wird hierdurch erneut die Gefäßversorgung geschädigt.

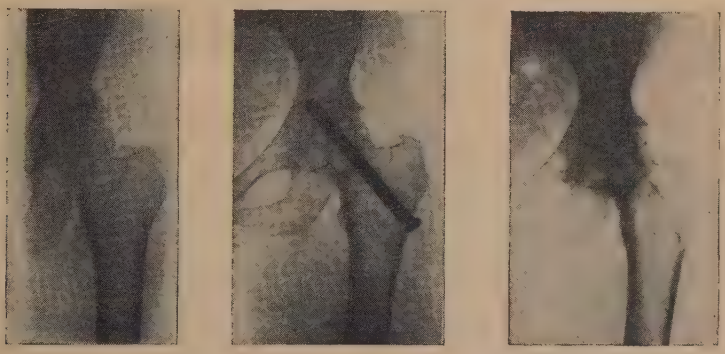


Abb. 6: 1. Bild: Mediale Schenkelhalsfraktur
2. Bild: 2 Jahre p. op.
Kopfnekrose im kranialen Bereich des Bruchspaltes, ebenfalls Nekrosen um den Nagel. Osteolyse um die Nagelspitze. Sklerosierung des Bruchspaltes und bindegewebige Pseudarthrose.
3. Bild: 3 Jahre p. op.
Zustand nach Nagelentfernung. Ankylose des Hüftgelenkes.

Noch häufiger als Frühnekrosen beobachtet man die sog. Spätnekrosen. WEIS und MÜLLER (63) fanden bei ihren Nagelungen:

7,5% Frühnekrosen und 4,7% Pseudarthrosen = 12,2%.

Chirurg. Klinik in München:
6,3% Frühnekrosen und 2,3% Pseudarthrosen = 8,6%.

Spätnekrosen fand WEIS noch zusätzlich 17,6%, also im ganzen 25,1%.

BÖHLER (1936) gibt für seine Nagelungen an:

BÖHLER (1936): 10,3% Nekrosen und 2,3% Pseudarth. = 12,6%

SALEM (1952): 20,4% Nekrosen und 4,0% Pseudarth. = 24,4%

In älteren Statistiken über konservative Behandlung liegt die Pseudarthrosenbildung sehr hoch.

So geben CAMPHELL (1838) 10,0% und FUCHSIG sogar 36,6% Pseudarthrosen an.

Nach Schenkelhalsnagelung kam es noch in 9,0% zum Ableiten oder Ausbrechen des Nagels. Die Folge waren Kopfnekrosen und 6 Pseudarthrosen (= 2,1% der Pseudarthrosen bei Schenkelhalsbrüchen). Bei WEIS und MÜLLER war diese Komplikation in 11,1% eingetreten.

Um die Gebrauchsfähigkeit des Beines zu bessern, wurden bei Pseudarthrosen und Kopfnekrosen 3 Trochantereinstellungen und 2 Keilosteotomien ausgeführt.

4 Pseudarthrosen nach konservativer Behandlung wurden mit Erfolg genagelt. In 8 Fällen setzte einige Zeit nach der Nagelung eine starke Osteolyse um den Nagel ein, meist um die Nagelspitze im Hüftkopf.

Zu einer besonders starken Resorption um die Nagelspitze führte die Nagelung bei einer Schenkelhalsplastik. Der Knochen war sehr porös. Um die Nagelspitze bildete sich eine 1,5 x 5 cm große Artikulationshöhle im Beckenknochen, in der sich der mit dem Femur fest verankerte Nagel bewegte und eine Art Gelenkfunktion übernommen hatte. Die Ankylosierung des Hüftgelenkes konnte nur sehr spät erreicht werden (s. S. 12).

Abb. 7: 1. Bild: Osteonekrose des Schenkelhalses bei chronischer Arthritis
2. Bild: 4 Monate nach Nagelung zur Versteifung des Gelenkes. Um die Spitze des Nagels im kleinen Becken kleine Osteonekrose.
3. Bild: Demarkationssaum 9 Monate p. op. wesentlich größer. In der Resorptionshöhle bewegt sich der Nagel.
4. Bild: 2 Jahre p. op. Ankylosierung des Hüftgelenkes

Wie segensreich sich die frühzeitige Bewegungstherapie und das frühe Aufstehen bei alten Leuten auswirken, zeigen die großen Erfolge nach Schenkelhalsnagelungen. Die hohe Mortalität nach konservativer Behandlung wird durch die Nagelung vermieden. Der Tod ist bei Schenkelhalsbrüchen meist nicht Folge des Bruches, sondern der Behandlung mit langer Ruhigstellung und Bettruhe. Nach Nagelung ist die Liegedauer erheblich abgekürzt, so daß die Mortalität beinahe auf die Hälfte der früheren Zahl abgesunken ist. Darüber hinaus sind die funktionellen Ergebnisse weit besser, als sie im günstigsten Fall durch die konservative Methode erzielt werden können.

VI. ZUSAMMENFASSUNG

Unstreitig sind die Gefahren, die noch in den Jahren 1946 und 1947 z. B. REHN veranlaßt haben, vor der stabilen Osteosynthese durch die Marknagelung zu warnen, zu einem Minimum zusammengeschrumpft.

Heute sind die Erfahrungen mit dieser Methode so groß, daß sich Gefahren bei absoluter Beherrschung der Technik zum großen Teil vermeiden lassen.

Dies zeigen auch die Ergebnisse der in den letzten 12 Jahren in der Chirurgischen Klinik in München ausgeführten Nagelungen.

Die Infektionsgefahr bei der geschlossenen Marknagelung ist gering. Die Infektionsquote liegt mit 1,8% weit unter der bei anderen aseptischen Operationen, ebenso unter der bei konservativer Therapie mit Gips und Extension. Höher ist die Infektionsgefahr bei offener Nagelung. Die offene Nagelung frischer geschlossener Brüche ist jedoch nur mit 2,8% Infektionen belastet. Sie ist somit niedriger als bei konservativer Methode. Die offene Marknagelung veralteter und komplizierter Frakturen führte in 8,3%, bzw. 19,4% zu einer Infektion. Naturgemäß sind diese Brucharten auch bei anderen Behandlungsmethoden mit ähnlich hohen Infektionszahlen belastet.

Die Marknagelung des Ober- und Vorderarmes, des Ober- und Unterschenkels hat sich als sehr brauchbar bewährt. Die Infektionszahlen sind niedrig. Andere Komplikationen, wie Pseudarthrosenbildung, Callusstörung, Heilung in schlechter Stellung, treten in geringerem Maße auf als nach konservativer Behandlung, ebenfalls Durchblutungsstörungen mit ihren Folgen der Arthrosenbildung und Sudeck'schen Erkrankung.

Darüber hinaus sind anatomisch gerechte Wiederherstellung der Grundform und dementsprechend bessere funktionelle Ergebnisse weitere Vorteile der Marknagelung.

Die stationäre Behandlungsdauer ist ebenfalls kürzer.

Die Erfolge, die heute von allen namhaften Autoren des In- und Auslandes bekanntgegeben wurden, sind so eindrucksvoll, daß man sagen kann, daß die innere Schienung der langen Röhrenknochen mit dem Marknagel bei allen Schaftbrüchen dieser Knochen bei richtiger Indikation die Methode der Wahl darstellt.

V. LITERATURVERZEICHNIS

(1) Böhler, J. Zbl. f. Chir. *7*, 1833 (1943)

(2) Böhler, J. Monatsschr. f. Unfallheilkunde Beiheft *46*, 1—90 (1953)

(3) Böhler, L. Lang. Arch. *276*, 192 (1953)

(4) Böhler, L. Zbl. f. Chir. *31*, (1942)

(5) Böhler, L. Monatsschr. f. Unfallheilkunde Beiheft *54*, 1—256 (1957)

(6) Brunner Lang. Arch. *287*, 686—687 (1958)

(7) Cavadies, A. X. And Trueta, J. J. Bone Surg. *37*-B, 492—505 (1955)

(8) Dejardin, L. Lang. Arch. *274*, 245 (1953)

(9) Ders Zbl. f. Chir. 878 (1944)

(10) Ders BRUNN's Beitr. 175 (1944)

(11) Diener, A., Graff, U. Schmidt, B. BRUNN's Beitr. *189*, 265—298 (1954)

(12) Devenish, E. A. Miles, A. A. Lancet I, 1088 (1939)

(13) Donald, Mc. S. Timbury, M. G. Lancet II, 863—864 (1957)

(14) Dowling, H. F. Lepper, M. H. Jackson, G. G. Amer. J. Publ. Health *43*, 860 (1953)

(15) Ehalt Arch. f. Orth. und Unfallchir. *44*, 500—513 (1951)

(16) Ehalt Arch. f. Orth. und Unfallchir. *44*, 281—305 (1950)

(17) Ehrlich, W. Arch. f. klin. Chir. *42*, 377—391 (1942)

(18) Fick, K. F. Lang. Arch. *287*, 713—715 (1958)

(19) Fischer, A. W. Maatz, R. Arch., f. klin. Chir. *203*, 531—565 (1942)

(20) Fischer, A. W. Reich, H. Zbl. f. Chir. 299—307 (1943)

(21) Fischer, A. W. Zbl. f. Chir. 815—820 (1951)

(22) Frommhold, W. Monatsschr. f. Unfallheilkunde *55*, 206—209 (1952)

(23) Gardner, A. D. Nature (Lond.) *146*, 837 (1940)

(24) Geißendörfer Ztschr. f. Unfallheilkunde Beiheft *55*, 145 (1957)

(25) Gohbrandt, E. Zbl. f. Chir. (1947)

(26) Griesmann Reich, H. Arch. f. klin. Chir. *205*, 455 (1944)

(27) Grün, L. Ergeb. d. Mikrobiol. und Immunforschung *31*, 130—183 (1958)

(28) Grün, L. Dtsch. med. Wschr. 1298 (1953)

(29) Grün, L. Kikuth, H. W. Dtsch. med. Wschr. 549 (1957)

(30) Groß, Fr. Monatsschr. f. Unfallheilkunde *61*, 245—246 (1958)
(31) Grumbach Kikuth Die Infektionskrankheiten des Menschen und ihre Erreger S. 413—444. G. Thieme Verlag, Stuttgart, 1958
(32) Grundmann, G. Lang. Arch. *277*, 117—142 (1953)
(33) Hackethal, K. H. Lang. Arch. *287*, 703—709 (1958)
(34) Hälber, C. Die Marknagelung nach Küntscher Urban-Schwarzenberg, München-Berlin, 1950
(35) Häbler, C. Monatschr. f. Unfallheilkunde Beiheft *45*, 68—78 (1952)
(36) Harrison, M. Lancet II, *727* (1948)
(37) Hart, D. Amer. Assoc. Adv. Sci. 186 (1942)
(38) Hellner, H. Die haematogene Osteomyelitis und ihre Behandlung Enke Verlag, Stuttgart, 1954
(39) Herzog, K. Lang. Arch. *276*, 227—229 (1953)
(40) Herzog, K. Dtsch. Zschr. f. Chir. *257*, 241 (1943)
(41) Howe, W. Ch. The New Engl. J. of Med. *251*, 411—417 (1954)
(42) Howe, W. Ch. The New Engl. J. of Med. *255*, 788—794 (1956)
(43) Jahn, H. Scharizer Monatsschr. f. Unfallheilkunde Beiheft *54*, 207—227 (1957)
(44) Keil, K. R. Zbl. f. Chir. 142—146 (1959)
(45) Kikuth, W. Grün, L. Dtsch. med. Wschr. 549 (1957)
(46) Krönke, E. Lang. Arch. *287*, 681—683 (1958)
(47) Krotschek Monatsschr. f. Unfallheilkunde, Beiheft *54*, 1—92 (1957)
(48) Kühnke, H. Lang. Arch. *287*, 683—685 (1958)
(49) Küntscher, G. Dtsch. Zschr. f. Chir. *276*, 217—227 (1953)
(50) Küntscher, G. Zbl. f. Chir. *79*, 1430—1436 (1954)
(51) Küntscher, G. Arch. f. Orth. und Unfallchir. *1*, 1—15 (1957)
(52) Küntscher, G. Zbl. f. Chir. 857 (1941)
(53) Küntscher, G. Zbl. f. Chir. *2*, 49—56 (1959)
(54) Küntscher, G. Monatsschr. f. Unfallheilkunde *53*, 111—119 (1950)
(55) Küntscher, G. Monatsschr. f. Unfallheilkunde *56*, 321—331 (1953)
(56) Lempert, H. Maatz, R. Monatsschr. f. Unfallheilkunde *55*, 359—362 (1952)
(57) Maatz, R. Arch. f. Orth. und Unfallchir. *42*, 513 (1943)
(58) Maatz, R. Zschr. f. Orthop. *78*, 331—339 (1949)
(59) Maatz, R. Reich, H. BRUNN's Beitr. *174*, 358—386 (1943)
(60) Maatz, R. BRUNN's Beitr. *177*, 363—380 (1948)
(61) Maatz, R. Zschr. f. Orthop. und ihre Grenzgeb. *2* (1943)
(62) Makowsky, C. Monatsschr. f. Unfallheilkunde *48*, 267—270 (1955)
(63) Müller, H. Weis, J. Monatsschr. f. Unfallheilkunde *58*, 18—27 (1955)
(64) Pia, H. W. Lang. Arch. *287*, 677—681 (1958)

(65) Reich, H. Zschr. f. Orthop. *77*, 1—40 (1948)
(66) Reich, H. Zschr. f. Orthop. *77*, 97—121 (1948)
(67) Remé, H. Lang. Arch. *287*, 709—713 (1958)
(68) Rober, C. Robertson Amer. J. of Surg. *85*, 496—502 (1953)
(69) Schaal, W. Münch. med. Wschr. 1164 (1956)
(70) Schneider, E. Med. Klin. 953—957 (1952)
(71) Schneider, E. Zbl. f. Chir. 1854 (1942)
(72) Schoch, J. Zschr. f. Orthop. *89*, 485—496 (1958)
(73) Schüttenmeyer Zbl. f. Chir. *8* (1950)
(74) Senf Zbl. f. Chir. *5* (1950)
(75) Shooter, R. A. Taylor, G. W. Ellis, G. Ross, J. P. Surg. etc. *103*, 257 (1956)
(76) Spohn, K. Monatsschr. f. Unfallheilkunde Beiheft *55*, 138—146 (1957)
(77) Stich, K. Lang. Arch. *287*, 669—677 (1958)
(78) Street, D. M. J. of Bone and Joint Surg. *33*, 3 (1951)
(79) Tonutti, E. Arch. f. klin. Chir. *264*, 60—70 (1950)
(80) Trojan, E. Monatsschr. f. Unfallheilkunde Beiheft *46*, 140—209 (1953)
(81) Waal, H. J. De Edingburgh Med. J. *50*, 577 (1943)
(82) Winkler, L. Zbl. f. Chir. *77*, 665—671 (1952)
(83) Zrubecky Monatsschr. f. Unfallheilkunde Beiheft *54*, 93—178 (1957)
(84) Schlumpelik, W. Jantzen, P. M. Der Chirurg *24*, 506 (1957)

LEBENSLAUF

Ich wurde als Sohn des Herrn Johann Glietsch und seiner Ehefrau Johanna, geb. Daubner, am 25. Februar 1931 in Johannesberg, Slowakei, geboren.

Nach vier Klassen Volksschule und zwei Klassen eines slowakischen Realgymnasium mußte ich 1945 wegen der Kriegsereignisse und der Austreibung die Schule unterbrechen. 1947 begann ich erneut mit der Ausbildung, zunächst am humanistischen Privatgymnasium in Bruchsal und seit 1952 am humanistischen Domgymnasium in Freising, wo ich 1954 die Reifeprüfung bestanden habe.

Im November 1954 begann ich mit dem Studium der Medizin an der Universität München und schloß das vorklinische Studium im Sommer 1957 mit dem Physikum ab.

Die folgenden klinischen Semester studierte ich ebenfalls an der Universität München, wo ich am 21. Dezember 1960 das ärztliche Staatsexamen bestanden habe.

Seit 1. März 1961 bin ich nun als Medizinalassistent an der inneren Abteilung des städt. Krankenhauses in Günzburg tätig.